Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique

T. LVI Nos 5-6 1949

Chronique et Correspondance

Remarques sur les Hieracium

d'après un travail de H. W. PUGSLEY

Les *Hieracium* (ou Epervières) sont des Composées aux corolles toutes de même forme et prolongées d'un seul côté par une languette : ce sont des Ligulifiores (ou semi-flosculeuses ou Chicoracées) ; les fleurs sont jaunes et hermaphrodites.

On connaît la réputation de complexité du genre *Hieracium*. Comment un botaniste se déciderait-il à nommer, comment serait-il assuré de la détermination des échantillons récoltés quand ce genre est, dans les « Flores », présenté d'une décevante manière ? Ce genre y est tantôt réduit à un nombre ridiculement infime de « grandes » espèces, tantôt, au contraire, pulvérisé en un nombre considérable d'unités systématiques de rangs très divers (espèces, sous-espèces, variétés, formes, races), sans qu'il soit toujours possible de comprendre comment l'auteur a hiérarchisé ses subdivisions... Si le botaniste consulte les herbiers, il n'est guère plus avancé, car très souvent des plantes différentes portent le même nom, ou inversement. Aussi abandonne-t-il le projet de nommer lui-même ses *Hieracium* et les confie-t-il à l'un des rares spécialistes de ce genre.

Mais la détermination précise ne saurait être le but final des recherches ; Pugsley l'a fort bien compris. La portée de son œuvre apparaît bien plus considérable que ne l'indique son titre. Espérons que les présentes remarques, extraites presque en totalité de ce travail, engageront, non seulement les hiéraciologues, mais aussi les biologistes et les phytogéographes à prendre connaissance des faits et idées exposés dans les chapitres qui précèdent et dans celui qui suit la partie taxonomique de ce Prodrome.

Pugsley prépara ce travail avec « le désir de réduire la confusion et d'établir une nouvelle base aux études ultérieures de ce genre en Angleterre ». Il publia sa première note relative aux *Hieracium* en 1920 et termina seulement en 1947 ce Prodrome où il décrit 260 espèces ; il a observé *in situ* un très grand nombre de ces espèces et revisé tous les spécimens conservés dont il cite les localités. Cette œuvre magistrale témoigne de ses connaissances et de sa probité scientifiques comme de sa ténacité [2].

Le rédacteur de l'avant-propos précise que Pugsley, avant sa mort, en novembre 1947, « avait achevé son travail et même relu une grande partie de la première épreuve », et il ajoute modestement que « ce travail ne fut pas édité, mais simplement corrigé sur épreuves par un ami ». Cet ami ne fit que choisir les figures indiquées sur une liste préparée par l'auteur, ajouter le nom de Roffey à quelques combinaisons spécifiques, quelques *comb. nov.* et deux *nom. nov.* (tirés de listes déjà publiées par Pugsley), ainsi qu'un index des groupes de rang systématique plus élevé que les espèces. Seule, la préface restait à écrire : l'auteur y aurait sûrement exprimé sa gratitude envers les Institutions dont il étudia les herbiers ou qui aidèrent à la publication, notamment : Linnean Society, British Museum, Royal Botanic Gardens de Kew, South London Botanical Institut, University of Oxford...

1. † Pugsley (H. W.). — A Prodromus of the British Hieracia. *The Journal of The Linnean Society of London*, 1948 ; 54, pp. I-IV + 1-356 ; 17 pl.

2. Mentionnons notamment les grandes difficultés dues aux événements de guerre qui provoquèrent le déménagement des grandes collections et de la sienne car il dut abandonner sa maison bombardée.

Les remarques suivantes sont présentées dans l'ordre des chapitres.

Histoire. — Cet exposé concerne le genre tout entier. La première mention du mot *Hieracium* figure dans Dioscoride (*De Medica Materia*), mais les deux plantes désignées comme *H. majus* et *H. minus* ne sont pas des *Hieracium* au sens actuel. Tous les auteurs qui créèrent des *H.* sont mentionnés [1]. Relatons seulement un nombre très minime de faits. Linné énuméra quelques espèces sans fournir ni diagnose, ni description. Il faut surtout retenir les noms de Fries et Zahn qui étudièrent spécialement ce genre; les grandes divisions adoptées par Zahn sont détaillées. Un autre chapitre est consacré aux travaux accomplis en Angleterre depuis Linné (pages 7-13).

Morphologie. — Le genre se subdivise en deux sous-genres : *Eu-Hieracium* et *Pilosella*. Ce chapitre (pp. 13-18), particulièrement attachant, est presque en entier relatif au premier s. g. dont les subdivisions se justifient par des caractères biologiques. Pugsley reproduit et examine les définitions que Rouy, précisant celles de Sudre, publie de ces subdivisions du s. g. *Eu-Hieracium*. Longévifs, les *H.* émettent des bourgeons donnant ou non des rosettes entourant la base d'une « tige », feuillée ou non. Pugsley admet qu'on ne peut faire d'erreur entre Aphyllopodes (bourgeon ne se développant que l'année suivant celle de l'observation et ne produisant pas de feuilles radicales) et Pseudophyllopodes (même rythme de développement, mais partie inférieure beaucoup plus développée et formant une fausse rosette). Par contre, il critique la distinction entre Phyllopodes (de Rouy : bourgeon qui donne une rosette à l'automne et persiste jusqu'à l'anthèse à la base de la tige qui se développe l'année suivante) et Hypophyllopodes (de Rouy : le bourgeon rosulifère ne développe complètement ses feuilles qu'avec la tige dans le courant de l'année suivante); or, d'après Pugsley, les rosettes perdent généralement leurs feuilles durant l'hiver, les nouvelles feuilles apparaissant au printemps avant que les scapes ne s'élèvent : « Je ne connais pas d'espèces, écrit-il, où les rosettes radicales vues au moment de la floraison soient le produit de l'année précédente »; par suite, il donne au mot « Phyllopodes » *le sens accordé par Rouy-Sudre à « Hypophyllopodes »*; il réserve ce dernier mot aux cas où la rosette, se développant incomplètement, la plante tend à se rapprocher de l'état aphyllopode. Il existe d'ailleurs des intermédiaires et, quand les conditions sont défavorables, les rosettes peuvent, pendant deux ou trois ans, se développer au printemps (elles périssent en hiver) sans que la plante fleurisse.

Le développement de la tige florifère et la disposition de l'inflorescence méritent également grande attention. Dans la forme extrême de la phyllopodie, le scape *nu* porte un seul capitule. Certains *H.* ont également un scape sans feuilles, mais une inflorescence composée avec bractéoles à l'aisselle de ses ramifications. D'autres montrent une seule feuille caulinaire, mais bien développée, située en dessous de la ramification de l'inflorescence, mais haut sur le scape. Dans d'autres cas, cette feuille bien développée se trouve plus bas et il en existe, plus haut, une autre plus petite. On passe ainsi à l'état cauligère : plusieurs feuilles caulinaires diminuent de taille depuis le bas de la plante (où elles ressemblent aux feuilles de la rosette) jusqu'à la base de l'inflorescence.

D'autres phyllopodes cauligères tendent à l'aphyllopodie : le bourgeon produisant la rosette reste lâche et s'allonge, développant d'abord des feuilles semblables aux écailles qui couvrent la base de la tige des espèces aphyllopodes. Dans les aphyllopodes, des bourgeons, plus nettement hypogés, s'élève une tige couverte d'abord par des feuilles squamiformes, puis foliacées. Si les feuilles restent rapprochées au-dessus de la base, par exemple dans quelques espèces parentes de *H. gothicum* Fr., on parle de plantes pseudophyllopodes. Toutes les tiges aphyllopodes, qu'elles fleurissent ou non, dépérissent en hiver.

La floraison débute par le capitule terminant l'axe principal (acladium) et s'étend progressivement vers le bas; même fait pour les ramifications de l'inflorescence. L'inflorescence varie beaucoup : elle tend au corymbe, devient un faux panicule-corymbe, « subombellée », etc. Suivant les espèces, les feuilles sont différentes (forme, couleur, pilosité...). D'autres caractères possèdent aussi une grande valeur discriminative des espèces ou des groupes : disposition des bractées de l'inflorescence (phyllaries), couleur et pilosité de la corolle, couleur des styles, forme des crêtes séparant les alvéoles où s'insèrent les fleurs sur le réceptacle, etc. Certains de ces caractères se modifient au cours du vieillissement en herbier. Toutes les fleurs sont parfois tubuleuses avec les styles exserts; Pugsley nomme *stylose* cette disposition qui se reproduit de semence.

Les observations précédentes s'appliquent également aux espèces du s. g. *Pilosella*. Tou-

1. Abréviations utilisées dans les présentes Remarques. — H = Hieracium; s. g. = sous-genre; esp. = espèce; s. esp. = sous-espèce.

tes phyllopodes, celles-ci produisent (plus ou moins) des stolons feuillés et couchés qui développent des rosettes terminales s'enracinant et persistant l'hiver.

Si quelques *H.* dont l'aire inclut les Iles Britanniques ont été étudiés au point de vue cytologique, l'auteur ne connaît aucune recherche de cet ordre concernant un *H.* ayant vécu dans ces îles. Deux sortes de galles sont assez fréquentes sur les *H.*

Classification (pp. 18-21). — Dans le s. g. *Eu-Hieracium* les espèces « intermédiaires » sont très nombreuses et cependant le nombre des hybrides beaucoup plus petit que dans le s. g. *Pilosella* : « ce contraste semble indiquer une différence biologique importante entre les deux sous-genres ». Il faut aussi retenir la manière dont Pugsley comprend les espèces : à son avis, on doit présumer que les espèces ou sous-espèces réunies par les auteurs pour former une espèce « capitale » ont une origine commune; or, cela ne semble pas toujours le cas pour les sous-espèces que Zahn rapproche à l'intérieur de ses espèces « aggrégées ». Il est plus vraisemblable que des formes similaires habitant des contrées différentes ont évolué indépendamment et que leur ressemblance est, en quelque sorte, fortuite. Aussi Pugsley préfère-t-il traiter comme espèces individuelles ou micromorphes toutes les formes qui ne manifestent pas d'évidents apparentements. On ne peut identifier certains *H.* britanniques à des *H.* scandinaves dont ils diffèrent nettement.

Comportement en culture. — Dans son petit jardin de Wimbledon, les limaces dévoraient les *Alpina* de Pugsley et ne touchaient pas aux autres espèces. Si la plupart des *H.* changent peu en culture, d'autres deviennent anormalement vigoureux avec des capitules anormalement nombreux mais se développant mal (*Cerinthoidea*, ...). — Un *H. cambricum* était toujours très robuste après vingt ans de séjour au jardin. A mesure que la plante vieillit, la souche s'allonge et se ramifie; l'auteur recommande aux collecteurs de ne prélever que les parties indispensables pour la détermination.

W. R. Linton et Pugsley (pendant vingt ans d'observations) ne notèrent jamais d'hybrides parmi les *Eu-Hieracium* pourtant cultivés en mélange. On peut identifier une plantule quand elle a développé quatre ou cinq feuilles au-dessus des cotylédons. Quoique, en culture et sans intervention, il ne se produise que très exceptionnellement des hybrides, il s'en forme presque certainement, mais aussi très rarement, dans la nature. La parthénogénèse est connue comme le mode très général de reproduction des *H.* : en enlevant pistil et anthères avant l'anthèse, les fruits continuent à se développer. Dans le s. g. *Pilosella*, l'hybridité semble fréquente sur le continent, mais n'a pas été, apparemment, notée en Angleterre; peut-être est-elle responsable de quelques variations fortuites.

Notabilia. — Les diagnoses latines des espèces nouvelles (antérieurement publiées dans *J. of Bot.*) et celles des esp. et var. nov. sont données. Si l'on relève ultérieurement des désaccords avec les Lois de la Nomenclature, on se souviendra que la « nomenclature devrait être la servante de la taxonomie » et non un instrument pour des exercices de gymnastique verbale et la propagation exagérée des *comb. nov.*

Taxonomie. — C'est nécessairement cette partie qui atteint la plus grande ampleur (pp. 25-329). Elle débute par le conspectus des groupes et des espèces. Le s. g. *Eu-Hieracium* se subdivise en : A, Phyllopoda . B, Transitoria . C, Aphyllopoda; le s. g. *Pilosella*, en A, Acaulia . B, Cauligera. Plus de 290 pages sont occupées par les descriptions (avec synonymes, distribution dans les îles anglaises et distribution générale) des 260 espèces, dont 249 pour le premier sous-genre. Des clés dichotomiques conduisent à la distinction des espèces à l'intérieur des Séries. Trente-cinq *H.* sont représentés (17 pl.).

Distribution des Hieracium anglais et leur origine (pp. 329-335). — Schinz et Keller consacrent 80 pages de leur *Flora der Schweiz* aux *Eu-Hieracium*, 40 pages aux *Pilosella*, et ne décrivent pas moins de 286 esp. et sous-esp. de ce sous-genre. Situation tout autre dans les Iles Britanniques : grand nombre d'esp. et s. esp. de *Eu-Hieracium* et une esp. constitue, presque à elle seule, le s. g. *Pilosella;* on note aussi que *H. Pilosella* est une plante ubiquiste et de beaucoup plus répandue dans les îles anglaises que n'importe quelle autre espèce de *Eu-Hieracium*. Ainsi, en Angleterre, l'intérêt se centre sur ce s. g. dont 180 esp. sont estimées endémiques parmi les 249 décrites (170 phyllopodes et 79 aphyllopodes).

Les *Eu-Hieracium* habitent, en bien plus grand nombre, les parties montagneuses des Iles Britanniques; ils sont beaucoup moins nombreux en Irlande, cependant en grande partie montagneuse. La proportion d'endémiques est plus élevée parmi les espèces rares et localisées. Le plus grand nombre d'espèces et la proportion plus forte d'endémiques dans le Nord suggèrent que l'immigration des *Eu-Hieracium* scandinaves précéda l'immigration de ceux provenant de France. Les sections *Al-*

pina et *Subalpina* parvinrent sans doute de Scandinavie à travers une région basse maintenant couverte par la mer du Nord à une époque au climat sévère ou subarctique. L'affinité des *Cerinthoidea* semble clairement lusitanienne : « La présence d'espèces à travers l'Irlande et l'Angleterre septentrionale jusqu'aux Orcades et Hébrides est digne de remarque comme « connectant » les espèces des Feroë du groupe à celles de la Péninsule Ibérique ». Si les *Alpestria*, *Prenanthoidea* et *Foliosa* sont franchement scandinaves, les *Eu-Vulgata*, *Eu-Tridentatum* sont médioeuropéens, etc.

La paucité de l'Irlande en *Hieracium* est imputable à son insularité; ses 49 espèces proviennent, en majorité, d'Ecosse et, en très petit nombre, du pays de Galles. Les fruits ne peuvent germer qu'en associations ouvertes (falaises rocheuses, sols sablonneux, etc.); quelques *H.* peuvent se naturaliser sur les berges des rivières, des voies ferrées, etc., d'où des anomalies de distribution.

Avant de terminer, énumérons les botanistes français cités par Pugsley. D. Villars, de 1779 à 1789, étudie, entre autres espèces, les *Hieracium du Dauphiné*. Mérat, Nouv. Fl. des env. de Paris, édit. 1, 1812. Lamarck et A. P. de Candolle, Fl. Française, vol. IV, 1815. Desfontaines, *Catalogus Plantarum Horti Parisiensis*, 1829. Alexis Jordan crée de nouvelles espèces en 1848-49 (Fries en 1852 les ignore presque entièrement ou les « réduit» en synonymie). A. Boreau publie également des espèces nouvelles dans sa Fl. du Centre de la France, 3e éd., 1857. A. Cariot et Saint Lager, Etudes des Fleurs, 1872. C. Arvet-Touvet publie en 1876, 1880, 1881 et 1888 plusieurs ouvrages consacrés aux *Hieracium*. C. Arvet-Touvet et H. Sudre produisent de précieux documents en distribuant leurs *exsiccata*. H. Sudre figure presque toutes les espèces qu'il décrit dans *Les Hieracium du Centre de la France*, 1902. G. Rouy retient 277 esp., s.-esp. et formes avec 587 variétés dans le vol. IX de sa Fl. de France, 1905. Pugsley ne mentionne pas la Flore de la France de H. Coste où toutes les espèces décrites sont figurées (vol. II) et des observations ajoutées (vol. III).

L'intérêt phytogéographique des genres réputés « critiques » est éloquemment démontré, pour les *Rubus* du groupe *fruticosus* (Ronces noires), par le travail de A. Gustafsson entièrement consacré à la genèse de la flore rubologique européenne [2] et, pour les *Hieracium*, par le chapitre que Pugsley consacre à la distribution en Angleterre. Est-il bien utile d'insister sur l'absolue nécessité d'une rigoureuse détermination systématique des espèces appartenant à des genres « critiques » à quelque point de vue qu'on les étudie (génétique, cytologique, phytogéographique) ?

Signalons enfin aux théraciologues l'actuelle et courageuse tentative de B. de Retz dont le travail est en cours de parution [1] : l'A. indique la manière dont il a choisi les espèces qu'il retient, précise les « caractères à utiliser lors de l'utilisation des clefs » et publie la « clef dichotomique des espèces » (pp. 10-37).

Il est infiniment regrettable qu'une mise au point basée sur l'examen critique de tous les échantillons possibles comme celle de Pugsley ne concerne pas les *Hieracium* de France.

Paul Jovet.

1. B. de Retz. — Le genre Hieracium, subgen. Eu-Hieracium, dans la Flore française. *Soc. Fr. pour l'échange des Pl. vasculaires*, fasc. I, 1947 (paru oct. 1948), pp. 2-37. (*A suivre.*)

2. Ake Gustafsson. — The genesis of the european Blackberry flora. *Lunds Univers. Arsskrift.* 1943, Bd. 39, 200 pp., 22 fig.

UNE ACADÉMIE NOUVELLE

De divers points, on annonce la fondation d'une Académie internationale de Philosophie des Sciences, section d'un Institut des Sciences théoriques. Le secrétariat en a été inauguré à Bruxelles, le 22 janvier dernier.

Bien que longue, la liste des membres ne contient, dans les zones mathématiques favorables aux discussions de principes (probabilités, transfini, espaces abstraits), aucun des noms illustrant l'Ecole française. Sur le tableau publié en mars ne figurent pas davantage ceux de N. Bohr, A. Einstein, W. Heisenberg, G. Lemaître, W. Pauli, etc.

En revanche, des savants de grande classe y sont côtoyés par des intuitionistes, fondateurs d'un genre de mathématique au ralenti, et par ceux qui en attendent des méthodes, en des domaines divers.

Philosophie de la matière et métaphysique sous toutes ses formes vont proliférer. Que de congrès en perspective! Déjà, le thème *synthèse générale des sciences* s'y annonce grand favori. Est-ce bien sérieux?

G. Bouligand.

Le pH «pondéré» [1] *(pHp)*

par Albert LEVASSEUR

Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité

Les mesures de *p*H, même correctement effectuées, sont ordinairement l'objet d'interprétations erronées lorsqu'elles concernent des milieux dont la teneur en eau est faible.

Considérons la relation d'action de masse appliquée à la dissociation ionique de l'eau [2] :

$$\frac{[H^+]\,[OH^-]}{[H^2O]} = K$$

$$\text{ou } [H^+]\,[OH^-] = K\,[H^2O] \qquad (1)$$

Pour une solution aqueuse ordinaire (ou pour une liqueur colloïdale aqueuse), on peut, sans erreur importante, considérer $[H_2O]$ comme une quasi-constante ayant à peu près la même valeur que pour l'eau pure. Le produit $K\,[H_2O]$ est alors, lui aussi, une quasi-constante. L'expérience montre que celle-ci est sensiblement égale à $10^{-14,14}$ et la relation (1) prend la forme bien connue :

$$[H^+]\,[OH^-] = 10^{-14,14} \qquad (2)$$

d'où l'on déduit les conclusions classiques. Par exemple, si le *p*H est égal à 7,07, c'est-à-dire si $[H^+] = 10^{-7,07}$, l'équation (2) donne : $[OH^-] = 10^{-7,07}$. Par conséquent,

$$[H^+] = [OH^-],$$

ce qui implique que la solution considérée est neutre.

Mais ces mêmes conclusions deviennent complètement fausses si, le milieu étudié n'ayant qu'une faible teneur en eau, on ne peut plus admettre pour la concentration moléculaire $[H_2O]$ la même valeur que celle correspondant à de l'eau pure [3].

Prenons un exemple concret. Un industriel nous soutint un jour qu'une certaine solution alcoolique, dont le *p*H était paraît-il égal à 7,07, ne pouvait exercer aucune corrosion d'origine acidibasique, ce *p*H étant précisément le même que celui de l'eau neutre. Admettons pour un instant la validité du nombre 7,07 affirmé par l'industriel, ce qui implique : $[H^+] = 10^{-7,07}$ et considérons la relation (1). Puisque $[H_2O]$ est loin d'avoir ici la même valeur que dans l'eau pure, le produit $K[H_2O]$ est très différent de $10^{-14,14}$. Donc $[OH^-]$ est lui-même très différent de $10^{-7,07}$ et, par conséquent, n'est pas du tout égal à $[H^+]$. La solution proposée est donc, en réalité, très éloignée de la neutralité.

Des cas analogues peuvent se présenter pour d'autres liquides plus ou moins capables d'exercer des actions de corrosion, pour de nombreux produits de la chimie industrielle tels que vernis, enduits, pâtes semi-fluides, ou encore pour diverses substances étudiées en chimie biologique, tissus vivants, sécrétions, etc.

Le pH ordinaire et le pH « pondéré »

Nous admettrons, au moins provisoirement, que le *p*H ordinaire du milieu faiblement aqueux a pu être correctement mesuré et que, conformément à la définition classique, le chiffre ainsi trouvé exprime le cologarithme du nombre d'ions-grammes H^+ que ce liquide contient par litre.

Il s'agit maintenant de définir et de calculer un nouveau chiffre, pour lequel nous proposons la dénomination de *p*H pondéré (*pHp*), qui représente avec exactitude et aussi commodément que possible l'acidi-basicité ionique du liquide ou du milieu peu aqueux.

La considération de commodité exige d'abord que certaines habitudes concernant le pH des liquides complètement aqueux soient conservées pour le *pHp*, c'est-à-dire qu'on ait toujours : $pHp < 7,07$ lorsque $[H^+] > [OH^-]$, et $pHp > 7,07$ lorsque $[H^+] < [OH^-]$. Cette même considération exige aussi que le *p*H pondéré se rapproche d'autant plus du *p*H ordinaire que le liquide étudié est plus riche en eau. Pour une liqueur complètement aqueuse, on devra avoir : $pHp = pH$.

La définition ci-après répond à ces diverses conditions :

---

1. Cette nouvelle notion a fait l'objet d'une Note à l'Académie des Sciences, présentée dans la séance du 23 mai 1949.

2. Les formules chimiques entre crochets représentent ici les concentrations moléculaires des corps ou des ions correspondants.

3. Nous avions déjà attiré l'attention sur cette question. Lire : A. LEVASSEUR, *Bulletin de la Société Française des Electriciens*, décembre 1936, pages 12-3-1214.

Nous appellerons pH pondéré d'un liquide peu aqueux le pH ordinaire d'une solution complètement aqueuse pour laquelle le rapport des concentrations des ions H^+ *et* OH^- *serait le même que dans le liquide étudié.*

Calcul du pH pondéré à partir du pH ordinaire

Dans ce qui va suivre, nous désignerons par $[H^2O]$, $[H^+]$, $[OH^-]$, les concentrations moléculaires des corps ou des ions dans le liquide peu aqueux dont nous voulons chiffrer l'acidi-basicidé ionique, et par $[H^2O]'$, $[H^+]'$, $[OH^-]'$, les concentrations moléculaires des corps ou des ions dans la solution complètement aqueuse qui, selon la définition donnée plus haut, correspond à ce liquide par la condition :

$$\frac{[H^+]'}{[OH^-]'} = \frac{[H^+]}{[OH^-]} \qquad (3)$$

D'autre part, nous poserons :

colog. $[H^+] = pH$ et colog. $[H^+]' = p'H$

avec, d'après la définition même du *p*H pondéré :

$$pHp = p'H$$

Nous avons, pour le liquide étudié :

$$[H^+]\ [OH^-] = K\ [H_2O]$$

d'où :

$$\frac{1}{[OH^-]} = \frac{[H^+]}{K\ [H_2O]}$$

et, par suite :

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{[H^+]^2}{K\ [H_2O]}$$

L'égalité (3) s'écrit alors :

$$\frac{[H^+]'}{[OH^-]'} = \frac{[H^+]^2}{K\ [H_2O]} \qquad (4)$$

La solution complètement aqueuse satisfait en outre à la condition :

$$[H^+]'\ [OH^-]' = K\ [H_2O]'. \qquad (5)$$

Ces relations (4) et (5) constituent un système de deux équations à deux inconnues $[H^+]'$ et $[OH^-]'$.

En résolvant par rapport à $[H^+]'$ et en conservant seulement celle des solutions qui est positive [4], on trouve :

$$[H^+]' = [H^+] \sqrt{\frac{[H_2O]'}{[H_2O]}}$$

Par conséquent :

$$pHp = p'H = \text{colog. } [H^+]'$$

$$= \text{colog. } [H^+] - \frac{1}{2} \log. \frac{[H_2O]'}{[H_2O]}$$

ou encore :

$$pHp = pH - \frac{1}{2} \log. \frac{[H_2O]'}{[H_2O]}$$

La concentration moléculaire de l'eau pure étant égale à :

$$\frac{1.000}{18} = 55,5$$

nous pouvons, sans erreur notable, admettre cette même valeur pour $[H_2O]'$.

L'expression du *p*H pondéré est donc, en définitive [5] :

$$pHp = pH - \frac{1}{2} \log. \frac{55,5}{[H_2O]}$$

Exemple d'application

Supposons un liquide dont le *p*H soit égal à 7,07 et qui contienne, par litre, 10 g d'eau, soit 0,555 molécule-gramme. Son *p*H pondéré sera, d'après la formule (6) :

$$pHp = 7,07 - \frac{1}{2} \log. \frac{55,5}{0,555} = 7,07 - 1 = 6,07.$$

Cela revient à dire qu'une solution complètement aqueuse pour laquelle le rapport des concentrations des ions H^+ et OH^- est le même que dans le liquide pauvre en eau que nous avons considéré a un *p*H égal à 6,07. Le liquide étudié n'est donc pas neutre, mais acide [6].

Il est évidemment utile que les états d'acidi-basité de semblables milieux puissent être repérés correctement suivant une échelle dont les chiffres correspondent, par leur signification pratique, à ceux de l'échelle des *p*H ordinaires. La notion de *p*H pondéré semble donc appelée à rendre de réels services, ne serait-ce qu'en évitant, de manière presque automatique, de graves erreurs d'interprétation.

A. Levasseur.

4. La solution négative n'a évidemment pas de signification physique.

5. Les considérations qui feraient intervenir, à l'occasion de la mesure du *p*H ordinaire, les notions d'« *activité* » et de « *force ionique* » n'apporteraient ici qu'une correction négligeable.

6. On vérifierait facilement que, dans ce liquide, la concentration des ions H^+ est 100 fois plus grande que celles des ions OH^-.

Applications de la Mécanique ondulatoire

à l'étude des propriétés de l'électron, des valences et de la structure des molécules organiques

par Jean GUY

Maître de Conférences à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

INTRODUCTION

La physique et la chimie ont toujours été considérées comme deux sciences indispensables l'une à l'autre, mais leur interpénétration ne s'est sans doute jamais affirmée avec autant de force que pendant ces dernières dizaines d'années. Il est bien évident que la chimie reste avant tout une science expérimentale, mais les théories physiques récentes, surtout depuis la découverte de la mécanique ondulatoire, l'ont profondément marquée et transformée. Une ère nouvelle pour notre connaissance des structures moléculaires a véritablement commencé avec la possibilité d'utiliser la mécanique de l'électron. Les calculs impliqués par cette mécanique sont longs et délicats; ils diffèrent de plus considérablement dans leur esprit même de ceux qui sont couramment employés en physique classique. C'est là malheureusement un écueil important pour les applications pratiques. Le chimiste de laboratoire voit déjà s'élargir de jour en jour les connaissances expérimentales qui lui sont nécessaires : le temps lui manque pour devenir de plus un spécialiste des théories quantiques.

Cependant, l'application à la chimie de cette mécanique quantique a fait surgir un grand nombre d'idées nouvelles, parfois véritablement révolutionnaires, auxquelles tout chimiste, qui aspire naturellement à une connaissance chaque jour meilleure de la structure de la matière, ne peut rester indifférent.

Le texte suivant [1] s'adresse précisément aux chimistes dont les recherches relèvent surtout du domaine expérimental. Au cours de cette étude, il s'agit de dégager les résultats essentiels de la chimie théorique, résultats dispersés parmi de nombreux mémoires de valeurs inégales et le plus souvent hérissés de démonstrations mathématiques hautement spécialisées, ce qui rend leur lecture pénible sinon incompréhensible.

La première partie concerne les propriétés générales de l'électron et celles-ci sont aujourd'hui bien loin de la notion de corpuscule localisé, assimilable à une toute petite sphère chargée d'électricité négative. La seconde partie est consacrée aux applications des théories modernes et nous verrons de plus près comment s'est modifiée la notion de valence et quelles sont nos connaissances actuelles sur la structure des molécules organiques en particulier.

I. — LES PROPRIETES GENERALES DE L'ELECTRON EN CHIMIE MODERNE

Si nous considérons le tableau I sur lequel se trouvent indiquées par ordre chronologique les hypothèses et découvertes marquantes qui ont contribué à la formation de la chimie théorique, nous constatons que les idées de base remontent à cinquante ans tout au plus (hypothèse des quanta en 1900) et que les nombreux perfectionnements de la théorie se sont effectués extrêmement rapidement depuis 1927, année de la première théorie cohérente de la molécule d'hydrogène, c'est-à-dire de la covalence par Heitler et London. Nous assistons en quelques années à une évolution parallèle de l'interprétation expérimentale à partir des hypothèses de Lewis sur la valence, et des théories d'origine mathématique pour aboutir à l'harmonieuse synthèse que constituent actuellement les méthodes d'étude de la mésomérie et des orbitales moléculaires.

Commençons par les conceptions dérivant plus ou moins directement de l'expérience.

1. Conférences faites à la Faculté de Pharmacie de Paris (avril 1949).

TABLEAU I

Les grandes étapes de la Chimie théorique moderne

Hypothèse des Quanta. — PLANCK (1900).

Constitution de l'Atome. — RUTHERFORD (1911).

Premières règles de quantification de l'Atome. — BOHR (1913) puis WILSON-SOMMERFELD (1915).

Débuts de la théorie de la valence. — LEWIS (1916).

LA MECANIQUE ONDULATOIRE :

Hypothèse des ondes électroniques. — DE BROGLIE (1924).

Mécanique des matrices. — HEISENBERG (1925).

Equation de SCHRÔDINGER (1926).

Le spin de l'électron. — UHLENBECK et GOUDSMIT (1925).

Le principe d'exclusion. — PAULI (1925).

Première théorie de la molécule d'hydrogène. — HEITLER et LONDON (1927).

Le champ self-consistent. — HARTREE (1928).

La méthode de variation. — ECKART (1930).

LES GRANDES APPLICATIONS AUX PROBLEMES DE STRUCTURE EN CHIMIE :

Théorie de la mésomérie. — INGOLD, PAULING, etc. (à partir de 1931).

Méthode des orbitales moléculaires. — HUND, MULLIKEN, HÜCKEL, LENNARD-JONES, COULSON, etc. (à partir de 1931).

C'est à Kékulé que revient le mérite d'avoir étendu en 1858 la notion d'atomicité aux composés du carbone : le carbone tétravalent devient un postulat fondamental de la chimie organique et cette notion devait conduire tout naturellement aux formules de constitution, c'est-à-dire à la recherche de l'arrangement spatial des liaisons réciproques des atomes. La symbolique utilisée aujourd'hui encore est celle d'Erlenmeyer : les atomes sont représentés par des lettres et les liaisons valentielles par des traits. Cette époque marque ainsi le début de l'étude classique de la structure des molécules et connaîtra son plein développement avec la configuration tétraédrique du carbone permettant de prévoir les isoméries optiques (carbone asymétrique de Le Bel et Van't Hoff, 1874). Quelques compléments sur la libre rotation autour des simples liaisons et sur la rigidité de la liaison éthylénique permettront de résoudre les principaux problèmes de la stéréochimie.

Mais on peut dire que nos conceptions modernes sur la valence débutent en 1916, avec les théories de Lewis et Langmuir. Les observations de Lewis découlent en grande partie de la connaissance de la structure de l'atome, telle qu'elle avait été envisagée par Rutherford en 1911. Tout atome est essentiellement constitué par deux types de particules : une particule lourde unique, portant une charge électrique positive, variable suivant l'élément considéré, constitue le noyau atomique; de nombreuses particules extrêmement légères, chargées négativement et toutes identiques entre elles, sont les électrons dont le cortège gravite autour du noyau atomique central. Les électrons se trouvent répartis en diverses couches (d'ailleurs elles-mêmes divisées en sous-couches), de plus en plus éloignées du noyau et que l'on désigne habituellement par les lettres K, L, M, N, etc. Chacune de ces couches ne peut comporter au maximum qu'un nombre d'électrons bien défini (2 pour la couche K, 8 pour la couche L, etc.) et la couche est dite saturée lorsque ce nombre maximum est atteint.

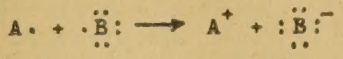
Or, la comparaison des divers éléments montre que la valence d'un atome est en relation directe avec le nombre d'électrons présents dans la couche électronique la plus externe de cet atome. Si cette couche est saturée (présence en général de 8 électrons), ce qui est le cas pour les gaz rares, la valence est nulle. Si elle est au contraire incomplète, l'élément a une valence électropositive égale au nombre d'électrons présents dans la couche superficielle et une valence électronégative égale au nombre d'électrons qui manquent pour la saturation, c'est-à-dire le plus souvent pour la formation d'un octet électronique.

Ces remarques ont conduit Lewis et Langmuir à admettre que les divers atomes tendent à se compléter mutuellement leurs couches externes insaturées. La règle désormais classique et connue sous le nom de règle de Lewis-Langmuir peut s'énoncer de la manière suivante : « L'affinité chimique est la tendance que présentent les atomes à saturer, par échanges d'électrons, leurs couches superficielles, de façon à les identifier à celles des gaz rares les plus voisins ».

Dans ces conditions, toujours suivant les idées de Lewis, la saturation réciproque de

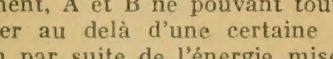
deux atomes peut se faire tout d'abord des deux façons suivantes :

1) *Par un transfert d'électron.* Soit, par exemple, un atome A possédant un seul électron périphérique et un atome B avec une couche externe de sept électrons. On écrira :



Les deux ions A^+ et B^- présentent bien chacun une couche électronique superficielle identique à celle du gaz rare le plus voisin. L'attraction entre A^+ et B^- se fait électrostatiquement, A et B ne pouvant toutefois se rapprocher au delà d'une certaine distance minimum par suite de l'énergie mise en jeu par les déformations réciproques des deux ions. C'est là le schéma de l'électrovalence ou valence hétéropolaire.

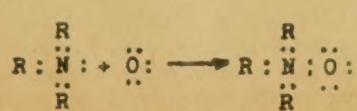
2) *Par une mise en commun d'électrons,* suivant le schéma ci-après :



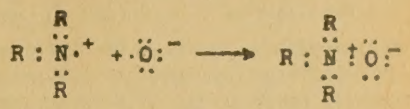
Chaque atome se trouve ainsi entouré de huit électrons, mais deux de ceux-ci appartiendraient simultanément aux couches externes des deux atomes liés. Ce mode de liaison par mise en commun d'un doublet électronique a reçu de Lewis le nom de covalence (valence homopolaire).

L'électrovalence se rencontre surtout en chimie minérale dans la liaison ionique des composés salins. Cette valence n'a pas de propriétés dirigées : les différents ions sont en quelque sorte juxtaposés pour former les mailles des réseaux cristallins et la dissolution dans les milieux ionisants provoque facilement leur séparation.

La covalence, bien que très importante également en chimie minérale, caractérise surtout la chimie organique dont les diverses liaisons sont presque exclusivement homopolaires ou coordinentes. La liaison par coordinence, citée en dernier à dessein, résulte tout simplement de la superposition d'une covalence et d'une électrovalence. Cette liaison s'effectue encore par mise en commun d'un doublet électronique, mais les deux électrons sont fournis cette fois par le même atome. C'est par exemple le cas de l'oxyde de triméthylamine $(CH_3)_3NO$, obtenu par l'union d'une molécule de triméthylamine avec un atome d'oxygène.



Les électrons de liaison proviennent tous deux de l'atome d'azote. La même molécule aurait encore pu se former, théoriquement tout au moins, à partir des ions, selon le schéma



Cette autre manière d'écrire fait apparaître très clairement la polarité de la molécule et montre bien qu'une liaison par coordinence est constituée par une covalence renforcée d'une électrovalence.

Les notions de base de la théorie de Lewis venant d'être brièvement rappelées, il est bon de remarquer tout de suite que ces conceptions ne permettent en aucune façon de résoudre le problème de l'origine des forces de liaison, surtout pour la covalence. Ce sont là de très intéressantes constatations d'origine expérimentale et nous en retiendrons que certains groupements d'électrons en nombre pair (doublets, octets), particulièrement stables, apparaissent comme d'une importance capitale, sans que nous connaissions encore les raisons profondes de la formation de tels groupements.

De 1916 à 1926 s'écoulent ensuite une dizaine d'années, pendant lesquelles vont se forger les grandes théories mathématiques qui orienteront en partie les recherches expérimentales ultérieures : début de la mécanique ondulatoire en 1924, hypothèse de l'électron tournant (« spinning electron ») et principe d'exclusion en 1925, équation de Schrödinger en 1926. Ces nouveaux procédés de calcul vont permettre enfin à Heitler et London en 1927 de proposer la première théorie satisfaisante de la molécule d'hydrogène. Les plus grands espoirs, en ce qui concerne la structure électronique des molécules, avec la possibilité de prévoir ou d'interpréter l'ensemble des propriétés physiques (spectres, moments dipolaires, etc.), deviennent permis et les chercheurs, nombreux et passionnés, travailleront dès lors sans cesse au perfectionnement des méthodes d'approximation nécessaires en vue des applications pratiques.

Il nous faut donc aborder maintenant cette évolution de nos conceptions sur l'électron et tracer, le plus simplement possible, les grandes lignes de la mécanique ondulatoire.

***

Les électrons sont devenus une réalité tangible avec la découverte du rayonnement cathodique. L'hypothèse de la constitution cor-

pusculaire de ce rayonnement, proposée par Varley en 1879 puis par Crookes, les corpuscules étant chargés d'électricité négative, explique les déviations provoquées par les champ magnétique ou électrique. Le rapport invariant de la masse à la charge $(\frac{m}{e})$ est mis en évidence par les mesures de Wiechert dès 1897, et la charge intrinsèque elle-même de l'électron est mesurée par Ehrenhaft, puis de façon plus précise par Millikan en 1909. L'électron apparaît désormais comme un corpuscule 1.840 fois plus léger que l'ion hydrogène, et de charge exactement égale mais de signe opposé à celle de ce dernier (charge négative égale à $-4{,}77 \cdot 10^{-10}$ en unités c. g. s. u. e. s.).

C'est avec la théorie de Bohr (1913) que les physiciens tentent pour la première fois d'établir une véritable mécanique de l'électron. Le plus simple était évidemment de considérer ce nouveau corpuscule comme une sorte de petite sphère chargée électriquement, que l'on pourrait assimiler dans les calculs à un point matériel. Dans l'atome d'hydrogène, l'électron gravite autour du noyau central positif ou proton et son comportement peut se comparer grossièrement à la gravitation d'une planète autour du soleil. Cependant, la théorie de Bohr fait apparaître une restriction quant aux orbites possibles, par une extension de la théorie des quanta, afin de rendre compte des spectres d'émission et d'absorption de l'atome. Si l'on se reporte aux lois générales du courant électrique, l'électron en mouvement représente véritablement un courant élémentaire : la perte d'énergie consécutive au rayonnement que devrait produire un tel courant se traduit évidemment par une diminution de vitesse. Ceci devrait en définitive faire tomber l'électron sur le noyau pour fusionner avec ce dernier : l'atome ne serait donc pas stable en théorie électromagnétique classique. Pour résoudre cette difficulté, Bohr admet l'existence d'orbites privilégiées dites stationnaires, correspondant à des énergies quantifiées (c'est-à-dire discontinues) W_0, W_1, ... W_n de l'atome, l'électron ne produisant aucun rayonnement lorsqu'il circule sur de telles orbites. Le passage de l'électron de l'une des orbites stationnaires (énergie W_m) à une autre (W_n) se fait par un saut brusque, avec émission ou absorption simultanée d'un quantum lumineux tel que $h\nu = (W_m - W_n)$. Les conditions imposées aux orbites stationnaires sont telles que le spectre théorique de l'atome d'hydrogène coïncide avec le spectre expérimental donné par la formule empirique mais très exacte :

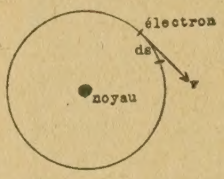
$$\nu = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

ν = fréquence de la radiation émise ou absorbée,

R = constante de Rydberg.

n et m = nombres entiers.

Les travaux de Bohr, complétés par ceux de Wilson et Sommerfeld (1915) montrent que les règles de quantification de l'atome sont les suivantes : l'action maupertuisienne (c'est-à-dire la circulation de la quantité de mouvement), prise sur un cycle entier d'une orbite privilégiée stationnaire, est égale à un nombre entier de fois la constante de Planck, encore appelée action élémentaire.



L'intégrale $\int mv \,.\, ds = nh$ résume la condition essentielle de l'ancienne théorie des Quanta (mv est la quantité de mouvement de l'électron, ds l'élément différentiel de l'orbite, n un nombre entier et h la constante de Planck).

*
**

La théorie primitive de Bohr, ainsi qu'elle vient d'être rapidement expliquée, se présente encore comme de la mécanique rationnelle classique, modifiée simplement par quelques conditions supplémentaires restreignant le nombre des orbites possibles. Cependant, les premières conceptions ne vont pas tarder à se modifier complètement et la découverte de la mécanique ondulatoire par Louis de Broglie en 1924 met théoriquement en évidence le caractère ondulatoire de tout corpuscule et de l'électron en particulier. Le point sensible de la théorie de Bohr est précisément l'existence de ces nombres entiers que nous voyons apparaître dans les conditions de Wilson-Sommerfeld. Il existe un autre phénomène physique bien connu où les nombres entiers jouent le rôle primordial; c'est celui des interférences en optique, mais il s'agit justement là d'un phénomène de nature ondulatoire. Cette remarque et d'autres analogies encore plus marquantes entre l'optique et la mécanique devaient faciliter une nouvelle conception dualistique de la matière qui se présenterait à nous de façon variable sous un aspect corpusculaire ou sous un aspect ondulatoire. Ce double aspect était déjà admis pour la lumière, depuis l'hypothèse des photons, nécessaire pour l'interprétation correcte de l'effet photoélectrique suivant Einstein. Or, l'optique possède deux stades d'approximation. Dans l'optique géométrique, on admet le principe de la propagation rectiligne de la lumière dans les milieux isotropes, et ceci est en parfait

accord avec la première hypothèse de Newton du bombardement corpusculaire (les corpuscules ainsi imaginés par Newton sont devenus les photons de la théorie des quanta). L'optique géométrique n'est plus valable dès qu'interviennent les phénomènes de diffraction ou d'interférences. On doit alors avoir recours à l'optique ondulatoire de Fresnel, plus exacte, et l'optique géométrique se présente tout simplement comme une approximation de cette dernière, utilisable seulement dans des conditions bien déterminées.

Parmi les principales équations de l'optique se rencontrent l'équation aux dérivées partielles dite de l'optique géométrique et le principe de Fermat. Ces deux expressions mathématiques ont des analogues très remarquables en mécanique rationnelle, respectivement l'équation de Jacobi et le principe de Maupertuis ou de moindre action. C'est l'étude de cette correspondance et la présence des nombres entiers en théorie de Bohr qui ont conduit L. de Broglie à postuler que la mécanique rationnelle classique ne devait être qu'une approximation d'une mécanique ondulatoire au même titre que l'optique géométrique est une approximation de l'optique ondulatoire.

Les progrès se sont ensuite effectués rapidement à partir de cette hypothèse fondamentale. Le caractère ondulatoire de l'électron, prévu par la seule théorie, devait s'affirmer expérimentalement trois ans plus tard, lors de la découverte effective de la diffraction électronique par Davisson et Germer (1927). Du point de vue philosophique, nous assistons là à une sorte d'unification des théories physiques. Il n'y a plus à faire une distinction tranchée entre les corpuscules d'une part et les ondes d'autre part. Pour la matière comme pour la lumière, nous sommes en présence de phénomènes présentant un double aspect et, suivant nos expériences, l'aspect corpusculaire l'emportera sur l'aspect ondulatoire ou inversement.

Mais, ce qu'il nous faut maintenant souligner, c'est surtout le caractère véritablement révolutionnaire de cette nouvelle conception de l'électron. Jusqu'ici, l'électron pouvait s'accommoder d'un modèle représentatif usuel : il apparaissait comme un très petit objet assimilable à un point matériel. Sa nature ondulatoire lui fait perdre définitivement ce caractère. Un électron se trouve désormais défini par une onde qui ne permet plus de lui préciser une position exacte à un instant donné : il devient en quelque sorte diffus dans un certain domaine.

La mécanique rationnelle de Newton était avant tout déterministe et l'un des principes de base de la dynamique du point consiste même à admettre l'existence d'une trajectoire unique une fois données les conditions initiales (position et vitesse) et le champ de forces dans lequel le point matériel évolue. Le point de vue de la mécanique ondulatoire est très exactement contraire : l'indéterminisme fait partie intégrante de ses fondements, à tel point qu'il s'exprime même mathématiquement sous la forme des relations d'incertitude de Heisenberg

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geqslant h$$

Le long d'un axe donné Ox, le produit de l'incertitude relative à la quantité de mouvement (Δp_x) par l'incertitude relative à la position (Δx) est nécessairement supérieur à la constante de Planck. En mécanique ondulatoire il devient impossible de connaître simultanément de façon précise la position et la vitesse d'un corpuscule. La mécanique rationnelle reste valable à l'échelle macroscopique uniquement parce que h peut être considéré dans ce cas comme un infiniment petit négligeable ($h = 6{,}547 \cdot 10^{-27}$ erg sec.) ; mais à l'échelle moléculaire, h ne peut plus être supposé nul et la mécanique ondulatoire seule devra être utilisée.

***

L'abandon de l'ancienne théorie des quanta (conditions de Sommerfeld) en faveur de la mécanique ondulatoire a pour première conséquence, par suite de l'indéterminisme, de faire disparaître la notion de trajectoire d'un corpuscule : les orbites stationnaires de la théorie de Bohr, sur lesquelles graviteraient les électrons autour du noyau atomique, ne conservent plus aucun sens. Les équations du mouvement se trouvent remplacées par la seule équation de Schrödinger, dont la résolution conduit à une fonction d'onde ψ. La théorie montre que de cette fonction d'onde pourront se déduire toutes les propriétés de l'électron. C'est ψ qui remplace l'ancienne orbite du type planétaire; par habitude, le terme orbite continue d'ailleurs d'être utilisé en mécanique ondulatoire, mais il devient alors synonyme de fonction d'onde, et ce changement de sens fondamental ne doit jamais être perdu de vue*. L'électron n'ayant plus de position déterminée à un instant donné, la signification physique de la fonction d'onde est la suivante : si nous considérons un petit élément de volume dv de l'espace atomique, la probabilité de présence à un instant donné de l'électron dans cet élément dv est égale à

* Pour marquer le changement de sens, on peut, avec Mulliken, utiliser le terme « orbitale » pour désigner les fonctions d'onde, réservant l'ancienne dénomination d'orbite aux seules trajectoires de la théorie de Bohr.

$|\psi|^2.dv$. L'interprétation de la fonction d'onde devient uniquement probabiliste. Si l'on veut encore, le carré $|\psi|^2$ représente la densité électronique, l'électron se trouvant diffus dans un certain domaine.

La mécanique ondulatoire s'appelle encore fréquemment la nouvelle théorie des quanta. La quantification des niveaux énergétiques possibles de l'atome reste en effet une donnée fondamentale et les transitions spectrales se font toujours par passage brusque d'un état électronique à un autre : on peut dire que l'électron change de fonction d'onde de la même façon qu'il changeait d'orbite en théorie de Bohr. Cependant, une qualité supplémentaire de la mécanique ondulatoire réside dans le fait que la quantification s'introduit d'une manière naturelle et obligatoire, ce qui est encore plus élégant qu'en théorie de Bohr où l'on avait dû imposer de nouvelles conditions empiriques aux trajectoires de la mécanique classique. L'équation de Schrödinger s'écrit en effet

$$H . \psi = E . \psi$$

Dans le premier membre, nous trouvons l'opérateur hamiltonien H, qui transforme complètement la fonction ψ par diverses opérations, des dérivations en particulier. Le second membre est simplement le produit d'une constante E par la fonction ψ. E n'est autre que l'énergie du système considéré : la transformation de ψ par l'opérateur H doit donc redonner ψ, à un facteur constant près E; telle est la signification de l'équation de Schrödinger. Toute fonction ψ satisfaisant à cette condition sera solution de l'équation de Schrödinger et le facteur E représentera l'énergie correspondante. Or, l'étude mathématique montre que l'équation de Schrödinger n'admet de solutions pour ψ que pour certaines valeurs discontinues de E. L'énergie se trouve ainsi quantifiée d'office, sans que l'on ait à recourir à des hypothèses complémentaires.

Ces premières notions de mécanique ondulatoire sont déjà suffisantes pour nous faire entrevoir l'évolution considérable de nos conceptions sur l'électron. Toutefois, si nous avons retrouvé de manière satisfaisante la quantification des énergies, la saturation bien connue des diverses orbites électroniques de l'atome n'est pas encore apparue comme dérivant normalement de la théorie. Pour traiter cette importante question, il nous faut maintenant introduire une nouvelle grandeur caractéristique de l'électron et dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent, le spin.

C'est en 1925 que l'hypothèse du spin électronique a été formulée par Uhlenbeck et Goudsmit en vue d'expliquer les spectres atomiques de multiplets et plus précisément les doublets observés dans le spectre d'émission des métaux alcalins. Dans un atome alcalin, il existe un seul électron de valence et l'émission de raies spectrales est due à la chute de cet électron d'un niveau excité sur l'orbite de plus basse énergie qui puisse l'accepter (couche L par exemple pour le lithium). La présence de raies doubles nous montre que l'un des niveaux au moins (soit le niveau de départ, soit le niveau d'arrivée) est en réalité dédoublé en deux sous-niveaux d'énergies très voisines. Malgré les diverses tentatives mathématiques effectuées en vue de traiter ce problème, il apparut bientôt que le phénomène n'était guère explicable avec un électron uniquement caractérisé par sa charge et par sa masse. Un troisième paramètre apparaissait comme absolument nécessaire. L'hypothèse d'Uhlenbeck et Goudsmit est la suivante : l'électron tourne sur lui-même (d'où le nom de « spinning electron ») et se comporte comme un véritable dipôle magnétique, orientable dans le champ de l'atome. Deux directions privilégiées sont possibles pour le dipôle qui s'orientera soit dans le sens du champ magnétique total, soit dans un sens exactement opposé : on dira suivant le cas que le spin de l'électron est parallèle ou antiparallèle au champ. L'interaction magnétique, cause de l'orientation du spin, provoque de très faibles variations d'énergie, suffisantes toutefois pour dédoubler les divers niveaux électroniques occupés par un seul électron. L'expérience assigne au moment magnétique propre de l'électron une valeur de 1/2 magnéton de Bohr (le magnéton est donné par $\mu_0 = \frac{he}{4\pi mc}$ avec h = constante de Planck, e et m = charge et masse de l'électron, c = vitesse de la lumière). Le magnéton est l'unité naturelle de moment magnétique à l'échelle atomique et l'on dira que le spin électronique peut prendre les deux seules valeurs $+\frac{1}{2}$ et $-\frac{1}{2}$; ces deux valeurs correspondent à deux directions opposées du vecteur moment magnétique propre, grandeur invariante caractérisant l'électron tout autant que sa charge et sa masse.

L'hypothèse du spin électronique, que nous venons d'exposer en théorie de Bohr s'est montrée extrêmement fructueuse et elle se transpose sans grandes difficultés en mécanique ondulatoire : le spin intervient comme une variable supplémentaire dans la fonction d'onde. Cette nouvelle caractéristique de l'électron a non seulement expliqué la structure fine des spectres (hydrogène, métaux alcalins et alcalino-terreux en particulier) mais elle a de plus permis d'interpréter correctement

l'effet Zeeman, l'expérience de Stern et Gerlach (1922) qui démontre l'existence de spins opposés, et de nombreux autres phénomènes. Enfin, la connaissance du spin est essentielle pour une bonne compréhension du principe d'exclusion de Pauli, que nous allons pouvoir étudier maintenant et qui règle la saturation des diverses couches et orbites électroniques.

C'est la fonction d'onde qui définit en nouvelle mécanique quantique l'état d'un atome ou d'une molécule. Considérons un édifice moléculaire quelconque et supposons que nous puissions permuter deux électrons à l'intérieur de cet édifice. Il est bien évident que nous aurons toujours la même molécule après cet échange car les électrons sont des corpuscules indiscernables les uns des autres. Du point de vue mathématique, quel sera l'effet d'une telle permutation sur la fonction d'onde? La seule réalité physique est le carré $[\psi]^2$ de la fonction d'onde, qui représente la densité électronique. Si ψ' est la nouvelle fonction d'onde, obtenue après l'échange de deux électrons, on devra avoir l'égalité $[\psi]^2 = [\psi']^2$ en tout point de l'espace moléculaire pour que l'identité évidente des deux systèmes soit respectée. Cette égalité peut avoir lieu dans deux cas :

1) si $\psi \equiv \psi'$ 2) si $\psi \equiv -\psi'$.

En fait, c'est le deuxième cas qui se trouve réalisé : la permutation de deux électrons a eu pour seul effet de changer le signe de la fonction d'onde qui est dite antisymétrique pour rendre compte de cette propriété. Plus généralement, si nous considérons des corpuscules quelconques (protons, neutrons, photons, etc.), on peut les classer en deux groupes suivant que leurs fonctions d'onde satisfont à la première identité ($\psi \equiv \psi'$ par échange de deux corpuscules ; fonction d'onde symétrique) soit à la seconde ($\psi \equiv -\psi'$ par échange; fonction d'onde antisymétrique). Ce caractère de symétrie ou d'antisymétrie est encore une propriété fondamentale d'un corpuscule donné.

En particulier, l'antisymétrie des fonctions d'onde électroniques est de toute première importance, car le principe d'exclusion sous sa forme usuelle en découle tout naturellement. Si deux électrons sont exactement dans le même état à tout point de vue (même orbite, même spin, etc.), leur échange ne peut évidemment pas modifier la fonction d'onde. On devrait alors avoir simultanément les deux égalités incompatibles $\psi = \psi'$ et $\psi = -\psi'$. Une telle supposition est absurde, car ceci entraîne $\psi = \psi' = 0$: le système matériel n'existerait plus (densité électronique nulle en tout point de l'espace). Nous devons donc formuler le principe suivant qui n'est autre que le principe d'exclusion de Pauli : Deux électrons ne peuvent pas exister dans le même état quantique.

Le principe d'exclusion nous explique pourquoi les électrons vont par paires. Nous ne pourrons en effet rencontrer sur une même orbite que deux électrons se distinguant l'un de l'autre par des spins opposés; aucun autre électron ne pourra venir encore se placer sur cette orbite car son état quantique deviendrait identique à celui de l'un des deux premiers. Dans la formation d'un atome, les électrons viennent occuper successivement et deux par deux les orbites de plus basse énergie. Or, l'équation de Schrödinger montre que la couche K ne comporte qu'une seule orbite : elle sera donc saturée par deux électrons. La couche L possède quatre orbites possibles et elle admettra au maximum huit électrons, et ainsi de suite. La tendance des électrons à former des doublets est une conséquence directe du principe de Pauli et les deux électrons ainsi appariés auront toujours des spins antiparallèles.

⁂

Nous voici arrivés au terme de l'énoncé des grands principes qui régissent la mécanique de l'électron. Jusqu'ici, nous avons raisonné sur l'équation de Schrödinger sans spécifier de manière explicite si cette équation s'applique au système atomique ou moléculaire tout entier, ou si elle est applicable à chaque électron pris isolément. Théoriquement, tous les corpuscules (électrons, noyaux), présents dans l'édifice considéré, forment un tout inséparable et l'équation de Schrödinger permet de calculer globalement les propriétés de cet ensemble. Une telle équation est malheureusement d'une très grande complexité, sauf pour les systèmes les plus simples ne comportant qu'un nombre très restreint de corpuscules (atomes d'hydrogène ou d'hélium, molécule-ion hydrogène H_2^+, etc.). Si notre système est plus important et se compose de n corpuscules, l'équation porte sur un très grand nombre de variables, les $3n$ coordonnées d'espace plus les spins. Elle est absolument insoluble en pratique, ce qui oblige à avoir recours à diverses méthodes d'approximation. Quelques remarques seront faites au sujet de ces principaux procédés d'approximation au début de la deuxième partie de cet exposé. Une étude quelque peu détaillée paraîtrait évidemment fastidieuse pour le chimiste qui s'intéresse avant tout aux résultats des calculs. Malgré tout, il me semble souhaitable de préciser les idées sur la façon dont sont effectués en général de tels calculs, afin d'apprécier avec l'es-

prit critique nécessaire les erreurs dont les résultats peuvent être entachés.

Dès à présent, j'indiquerai comment l'équation originale de Schrödinger peut être décomposée en des équations plus simples et du même type, relative chacune à un seul électron, grâce à l'utilisation de l'hypothèse de Hartree sur la validité du champ self-consistent.

Considérons un électron isolé dans un système moléculaire. Une équation de Schrödinger monoélectronique doit être valable pour représenter son état, à condition de tenir compte des interactions coulombiennes des autres corpuscules en tant que forces extérieures constituant un véritable champ de forces à l'échelle atomique. Ce champ de forces doit évidemment varier en un point donné en fonction du temps. L'hypothèse de Hartree revient à admettre que ce champ variable peut être remplacé par un champ statistique invariant, dont la valeur est bien déterminée en chaque point de l'espace moléculaire : ce champ dit « self-consistent » sera donné par la somme des champs dus aux divers corpuscules présents, en considérant ceux-ci comme diffus et caractérisés en tout point de l'espace par leur densité propre. Cette hypothèse peut sembler assez audacieuse au premier abord, mais elle facilite considérablement les calculs qui seraient autrement inextricables, et les résultats obtenus par son application, aux atomes en particulier, sont en très bon accord avec l'expérience. On progresse par des approximations successives : si l'on veut étudier par exemple l'atome de lithium, on introduira un électron supplémentaire dans l'édifice de l'ion Li^+ précédemment résolu. Les perturbations apportées par la présence de ce nouvel électron à l'état électronique de Li^+ (c'est-à-dire à la couche K) seront calculées par la méthode de Hartree; puis on reviendra à l'effet des modifications de la couche K sur l'état de l'électron de valence, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les corrections successives ne modifient pratiquement plus l'état électronique total. Il convient de savoir que la validité de la théorie de Hartree est toujours admise, d'ailleurs plus ou moins explicitement, dans tous les calculs effectués à ce jour sur les molécules.

***

J'arrêterai ici cette étude des propriétés essentielles de l'électron suivant les théories physiques modernes. Le double aspect, matériel et ondulatoire, de ce corpuscule nous a conduit à des conséquences assez imprévues, susceptibles de nous dérouter au premier abord, mais qu'il convient d'assimiler le mieux possible avant d'aborder le problème des structures moléculaires. Nous retiendrons que l'électron est plus complexe que l'on aurait pu le supposer. En plus de sa masse et de sa charge électrique, il se caractérise encore par son spin ou moment magnétique propre. Il est véritablement délocalisé dans un certain espace et se comporte comme réellement diffus dans de nombreux phénomènes. Enfin, un électron quelconque ne peut pas être réellement séparé des autres électrons d'un système : son indiscernabilité se marque par l'antisymétrie des fonctions d'onde et ce fait d'obéir au principe d'exclusion doit être également considéré comme une caractéristique de l'électron de première importance.

L'ensemble de toutes ces notions, assez abstraites, mais indispensables, permettront, je l'espère, une bonne compréhension des nouvelles théories de la valence qui vont être maintenant exposées.

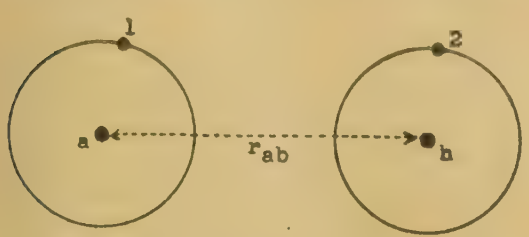
II. — LES CONCEPTIONS ACTUELLES DE LA VALENCE ET LA STRUCTURE DES MOLECULES

Nous venons d'esquisser dans ce qui précède les grandes lignes de la nouvelle mécanique de l'électron, en essayant de dégager le mieux possible les propriétés particulières de ce corpuscule. La théorie du champ self-consistent de Hartree nous a de plus fait pressentir les nombreuses difficultés qui accompagnent toujours la résolution d'une équation de Schrödinger quelconque. Cette équation fondamentale de la mécanique ondulatoire n'a pu, en effet, être traitée de manière complète et rigoureuse que dans l'unique cas de l'atome d'hydrogène, c'est-à-dire lorsqu'il y a seulement deux corpuscules élémentaires en présence : un proton et un électron. Même pour les systèmes composés par trois corpuscules comme c'est le cas pour l'atome d'hélium (une particule α et deux électrons) et pour la molécule-ion hydrogène H_2^+ (deux protons et un électron), il faut avoir recours à diverses méthodes d'approximation, et les difficultés de calcul vont naturellement en croissant pour les systèmes atomiques ou moléculaires plus complexes. Cette première constatation serait certainement des plus décourageantes si l'on ne se souvenait de l'existence de difficultés très analogues en mécanique rationnelle. Par exemple, le classique problème des trois corps, dont l'application à l'astronomie est des plus importantes, ne peut se résoudre qu'à l'aide d'approximations successives, et ceci ne gêne en rien l'exacti-

tude des prévisions : il suffit de disposer du temps et de la patience nécessaires pour poursuivre suffisamment les calculs numériques successifs, afin d'obtenir la précision désirée.

Pour tous ces problèmes inabordables directement, Born et Schrödinger proposèrent bientôt une première méthode de résolution, connue sous le nom de « méthode des perturbations ». Ce procédé de calcul, voisin quant à ses idées directrices des méthodes d'approximation couramment utilisées par les astronomes, marque une étape importante pour les applications pratiques de la mécanique quantique, car il devait conduire Heitler et London à la première théorie correcte de la molécule d'hydrogène, grâce à quelques légères modifications.

Dans cette théorie, Heitler et London supposent tout d'abord les deux atomes d'hydrogène devant ultérieurement former la molécule comme infiniment éloignés l'un de l'autre. Dans ces conditions, l'équation de Schrödinger est facilement résoluble car il s'agit là de deux atomes d'hydrogène isolés, sans aucune interaction l'un sur l'autre : on traite ainsi le problème de deux systèmes entièrement séparés, comportant chacun deux corpuscules et dont les fonctions d'onde exactes sont connues très rigoureusement. Comme le tout est destiné à constituer un système unique, on tient compte du principe d'exclusion lors de l'écriture de la fonction d'onde globale qui doit évidemment être antisymétrique. On admet que la fonction ψ ainsi obtenue est une approximation acceptable de la solution réelle pour toutes les distances des deux protons et l'énergie du système total est corrigée grâce à la méthode des perturbations, en considérant comme des perturbations les interactions coulombiennes des divers corpuscules primitivement éloignés les uns des autres. Le très simple schéma ci-contre va nous préciser

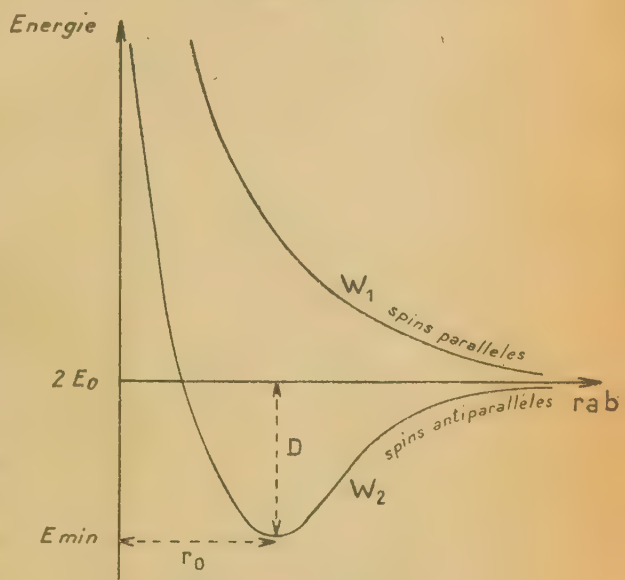


la méthode. Désignons les deux protons par les lettres *a* et *b* et les deux électrons par les chiffres 1 et 2. Pour une distance r_{ab} infinie, on tient compte uniquement de l'attraction de 1 par *a* et de 2 par *b*; on néglige au contraire d'une part les répulsions existant entre les deux noyaux et les deux électrons, d'autre part les attractions existant entre le proton (*a*) et l'électron (2) de même qu'entre le proton (*b*) et l'électron (1). Ce sont ces derniers termes, négligés en premier lieu à juste titre puisqu'ils sont inversement proportionnels aux carrés des distances, qui joueront le rôle de perturbations lors du rapprochement des deux atomes.

Ainsi conduit, le calcul amène tout naturellement à distinguer deux cas, suivant l'orientation relative des spins des deux électrons :

1) Si les spins de 1 et 2 sont originellement parallèles, on constate une forte répulsion des deux atomes au cours de leur rapprochement et il n'y a aucune possibilité de formation d'une molécule (courbe W_1) (ci-dessous).

Niveaux énergétiques donnés par la théorie de Heitler et London



W_1 : état instable sans formation de molécule (répulsion).
W_2^1 : état stable. Molécule H_2 avec distance internucléaire r_0.
D : énergie de dissociation.
E_0 : énergie fondamentale de l'atome H isolé.

2) Si les spins de 1 et 2 sont antiparallèles, l'énergie du système diminue en même temps que r_{ab} jusqu'à un certain minimum ($E_{minimum}$) atteint pour une valeur r_0 représentant la distance internucléaire d'équilibre dans la molécule H_2. Il y a ensuite répulsion quand r_{ab} devient inférieur à r_0. Dans la molécule d'hydrogène, les deux électrons présents se groupent sur une orbite unique englobant en quelque sorte l'ensemble des deux protons, par formation du doublet électronique général à spins antiparallèles permis par le principe d'exclu-

TABLEAU II

Grandeur physique	Calcul de Heitler et London	Calcul de James et Coolidge	Résultats expérimentaux
D (énergie de dissociation, en électron-volts).	3,14	4,722 ± 0,013	4,72
r_0 (en unités $a_0 = \frac{h^{2*}}{4\pi^2 me^2}$)	1,60	1,48	1,479
ν_0 (fréquence de vibration, en cm^{-1}).	4.800	non calculé	4.318

sion, et le niveau énergétique de cette orbite est inférieur au premier niveau quantifié (couche K, énergie E_0) de l'atome H isolé. Ainsi s'explique la stabilité du système H_2. Dans le premier cas, au contraire, les spins étant parallèles, les électrons ne peuvent plus occuper la même orbite car ils seraient alors tous deux exactement dans le même état quantique. L'un d'entre eux se trouve encore sur l'orbite moléculaire de plus basse énergie (orbite de liaison) mais le second électron se situe sur un niveau énergétique plus élevé; l'ensemble possède pour toute valeur de r_{ab} une énergie totale supérieure à $2E_0$ et décroissante en fonction de r_{ab}, d'où la répulsion.

Il convient maintenant d'examiner l'allure des courbes obtenues par la méthode de Heitler et London et de confronter les résultats théoriques avec les résultats expérimentaux. L'expérience permet d'atteindre principalement trois grandeurs à partir des données spectroscopiques : l'énergie de dissociation D la distance d'équilibre internucléaire r_0 et la fréquence fondamentale ν_0 de vibration de la molécule. Ces trois grandeurs physiques se déduisent également des courbes théoriques donnant l'énergie en fonction de la distance r_{ab} : r_0 et D** sont respectivement l'abscisse et l'ordonnée du minimum de la courbe W_2, en prenant comme origine des énergies l'état initial des atomes complètement séparés; ν_0 se calcule à partir de la courbure de W_2 au voisinage de son minimum. La comparaison des nombres montre que l'accord n'est pas excellent, mais il est toutefois acceptable qualitativement (écarts approximatifs de 33 % sur D, de 8 % sur r_0, de 10 % sur ν_0).

La théorie de Heitler et London ne donne pas une approximation suffisante en vue de calculs numériques précis, mais son intérêt considérable réside dans l'interprétation de la covalence. Nous trouvons ici pour la première fois la raison de la liaison par doublet électronique proposée par Lewis, alors que l'origine de ces forces mystérieuses de covalence était restée sans aucune explication en théorie classique. Il y a une modification complète des orbites électroniques de valence de l'atome et constitution de nouvelles orbites ou « orbitales », quantifiées, auxquelles correspond un niveau énergétique moindre, d'où la stabilité de la molécule covalente. Ceci nous éloigne de la première conception de Lewis d'électrons communs à deux couches atomiques : le doublet de liaison reste bien commun à deux atomes, mais de façon dynamique (et non pas statique comme le laissaient supposer certains schémas trop simples) en circulant sur une orbitale élargie, englobant les deux noyaux intéressés.

Le manque de précision de la théorie de Heitler et London ne peut servir de grief à la mécanique ondulatoire elle-même, et cette théorie est d'ailleurs perfectible. Mais on s'adresse surtout maintenant à un nouveau procédé d'approximation, très différent de la théorie des perturbations et connu sous le nom de méthode de variation. En utilisant cette dernière méthode, James et Coolidge ont obtenu en 1933 des résultats extrêmement satisfaisants qui sont indiqués à côté de ceux de Heitler et London. Les écarts, devenus cette fois de l'ordre de 1 0/00 seulement aussi bien pour D que pour r_0, sont absolument négligeables car les valeurs expérimentales ne présentent pas une précision supérieure. Les cal-

* a_0, unité naturelle atomique de distance (rayon de l'anneau K de l'atome d'hydrogène en théorie primitive de Bohr).

** En fait, l'énergie expérimentale de dissociation mesurée directement est inférieure à D car il faut tenir compte de l'énergie de vibration au point zéro, mais il est facile d'effectuer la correction nécessaire.

culs auraient d'ailleurs pu être poussés plus loin ainsi que l'indiquent les auteurs mais un tel travail n'a guère d'intérêt puisqu'il n'y a plus de confrontation possible avec l'expérience pour vérifier les décimales plus lointaines.

Ce premier pas concernant la molécule d'hydrogène venant d'être franchi, l'étape suivante concerne la généralisation des procédés d'étude aux molécules polyatomiques quelconques. On peut reprendre le procédé de Heitler et London en partant des divers atomes tout d'abord infiniment éloignés les uns des autres et représentés chacun par une fonction d'onde atomique particulière déduite de l'application de la théorie du champ self-consistent. Les calculs sont de plus en plus difficiles avec la complexité croissante des édifices moléculaires et l'accord avec l'expérience n'est évidemment pas meilleur que celui que nous avons déjà constaté pour la molécule d'hydrogène. Heureusement, la méthode de variation, procédé d'approximation beaucoup plus facile à manier que la théorie des perturbations, apparaît en 1930. Les progrès réalisés à partir de cette époque grâce à la nouvelle méthode sont rapides et considérables. C'est la méthode de variation qui est à la base des deux grandes théories modernes relatives à l'étude des structures moléculaires : mésomérie d'une part et méthode des orbitales moléculaires d'autre part.

Voyons rapidement les origines de la méthode de variation. A partir de l'équation de Schrödinger, $H.\psi = E.\psi$, on peut démontrer que la fonction d'onde ψ_0 de l'état fondamental est reliée à l'énergie quantifiée correspondante E_0 par l'équation

$$E_0 = \int \psi_0^* H \psi_0 \, d\tau$$

l'intégrale étant étendue à tout l'espace des coordonnées des divers électrons. Si la même intégrale est calculée avec une fonction Φ quelconque (satisfaisant tout au plus à quelques conditions d'ordre général, caractéristiques des fonctions d'onde) pour remplacer ψ_0, on trouve une certaine valeur

$$W = \int \Phi H \Phi \, d\tau$$

D'après un théorème de la mécanique ondulatoire, W sera toujours supérieur à E_0 et l'identité $W \equiv E_0$ n'aura lieu que si $\Phi \equiv \psi_0$. Ceci nous fournit un critère pour découvrir la meilleure approximation de la fonction d'onde dans un ensemble de fonctions Φ diverses et paraissant acceptables : ce sera la fonction rendant W minimum.

La méthode de variation est appliquée de manière intensive aux divers problèmes concernant les structures moléculaires depuis 1931. On l'utilise en général de l'une des deux façons suivantes, pour des raisons de simplification des calculs : 1) On cherche diverses approximations $\varphi_1, \varphi_2, \ldots \varphi_n$ de la fonction d'onde globale, le plus souvent par des procédés dérivant de la théorie primitive de Heitler et London. On prend ensuite comme fonction Φ une combinaison linéaire de ces diverses fonctions, acceptables *a priori*

$$\Phi = \alpha_1 \varphi_1 + \alpha_2 \varphi_2 + \ldots \alpha_n \varphi_n$$

(Les α sont des paramètres variables et Φ est soumis à une condition supplémentaire très simple dite de normalisation). La grandeur W qui se déduit de Φ sera une véritable fonction des divers paramètres α et l'on cherche les valeurs de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_n$ rendant W minimum. Cette méthode constitue la théorie de la mésomérie. 2) Un calcul analogue peut être appliqué, non plus à la fonction d'onde globale, mais aux diverses fonctions d'onde monoélectroniques partielles dans le cadre de la théorie du champ self-consistent. Ce dernier procédé prend alors le nom de méthode des orbitales moléculaires.

***

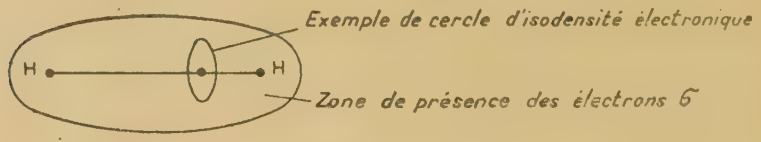
Les bases fondamentales des diverses méthodes de calcul venant d'être exposées le plus simplement possible, nous abordons maintenant l'étude des résultats eux-mêmes. Quelles sont les notions nouvelles apportées au chimiste par la mécanique ondulatoire en ce qui concerne les structures moléculaires? Nous pourrions examiner successivement la plupart des grandes applications : valence dirigée; prévision des spectres d'absorption et de diffusion d'une molécule, des moments dipolaires; densité électronique et ses relations avec les diagrammes expérimentaux de Patterson; origine de l'isomérie magnétique, etc. Mais, l'une des acquisitions essentielles de la théorie est certainement la découverte de l'existence de deux types d'électrons de valence, désignés aujourd'hui par les symboles σ et π. Ces électrons σ et π ont des propriétés extrêmement différentes, qui expliquent de nombreux phénomènes auparavant fort difficiles à interpréter, et nous allons faire en détail leur étude comparée.

Considérons une molécule saturée comme l'hydrogène, l'eau ou le méthane. Dans de telles molécules, la ou les diverses liaisons interatomiques sont constituées par des doublets électroniques du type σ. Une orbitale σ est avant tout caractérisée par une symétrie de révolution autour de l'axe de liaison des deux atomes impliqués (tableau III). Dans la molécule d'hydrogène, la densité électroni-

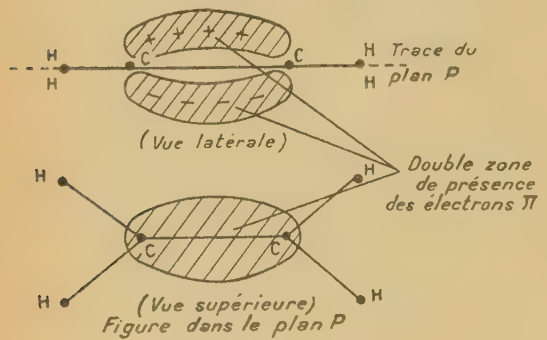
TABLEAU III

Caractéristiques des électrons σ et π

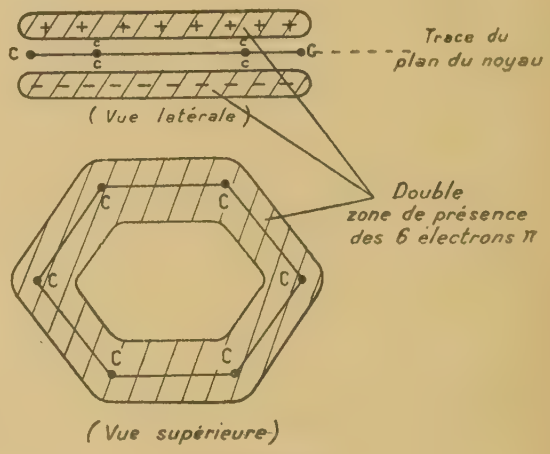
1) *Molécule d'hydrogène (liaison par doublet σ).*



2) *Ethylène (existence d'un doublet π).*



3) *Benzène (existence de 3 doublets π).*



ELECTRONS σ	ELECTRONS π
Un axe de révolution.	Pas d'axe de révolution.
Absence de plan nodal.	Existence d'un plan nodal P par rapport auquel la fonction d'onde est antisymétrique.
Une zone unique continue de présence.	Zone de présence divisée pratiquement par P en deux zones distinctes.
Localisation au voisinage des atomes liés.	Grande facilité de délocalisation.

que comme la valeur de la fonction d'onde restera la même en tout point d'un cercle perpendiculaire à l'axe de liaison joignant les deux noyaux et ayant son centre situé sur cet axe. Dans le méthane, on retrouve la structure tétraédrique du carbone : la configuration la plus stable a lieu pour quatre liaisons σ dont les axes de révolution sont dirigés vers les sommets d'un tétraèdre régulier dont le noyau atomique du carbone occupe le centre.

L'étude des composés insaturés, c'est-à-dire possédant des doubles ou des triples liaisons, fait apparaître des électrons du type π.

Dans l'éthylène, on rencontre tout d'abord cinq doublets σ formant les quatre liaisons C-H et une liaison C-C. Toutes ces liaisons σ ont leurs axes de révolution dans un même plan P et les axes des trois liaisons situées autour d'un même carbone forment deux à deux des angles de 120°.

Le dernier doublet (deuxième liaison éthylénique) est constitué par les électrons π. Pour ceux-ci, il n'y a plus d'axe de révolution. Le plan P qui contient les divers noyaux atomiques est un plan d'antisymétrie pour la fonction d'onde monoélectronique représentant l'orbitale π : si ψ et ψ' sont les valeurs de cette fonction en deux points symétriques par rapport à P, on a $\psi = -\psi'$. La densité électronique par contre est la même en ces deux points car $\psi = -\psi'$ entraîne $|\psi|^2 = |\psi'|^2$, et la densité électronique sera nulle en tout point de P qui est un véritable plan nodal pour les électrons π. L'électron π se rencontre donc dans une double zone symétrique par rapport à P, sa probabilité de présence dans

le plan P lui-même étant rigoureusement nulle. Ce curieux caractère est particulièrement souligné dans le terme amusant de « liaison saucisse (sausage bond) » employé par Coulson pour désigner la liaison π *.

Tandis que les électrons σ forment les simples liaisons, les électrons π que nous venons d'étudier dans le cas de l'éthylène sont tout à fait caractéristiques des liaisons multiples. Il faut toutefois remarquer que, dans une liaison double ou triple, il existe toujours un doublet σ qui constitue une sorte d'infrastructure. Nous aurons un doublet π dans toutes les liaisons $>C=C<$, $>C=O$, $>C=N-$, $-N=N-$, etc., deux doublets π dans les liaisons $-C\equiv C-$, $-C\equiv N$. Dans la molécule d'acétylène qui est complètement linéaire, les deux plans nodaux des deux doublets électroniques π présents ne sont pas confondus, mais au contraire bien distincts et perpendiculaires l'un à l'autre; cette configuration se retrouve dans toutes les triple liaisons. Enfin, l'existence d'une liaison quadruple avec trois doublets électroniques π est impossible théoriquement.

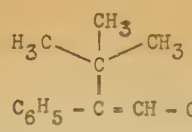
Ces propriétés de symétrie montrent clairement les grandes différences existant entre les électrons σ et π et laissent pressentir un comportement fort peu comparable. Les premiers restent toujours relativement localisés au voisinage des deux atomes qu'ils relient. Les seconds ont au contraire une grande tendance à la délocalisation et celle-ci se manifeste surtout pour les composés conjugués. Si l'on veut une image grossière, on peut dire que les électrons π sont « plus fluides »; ils ont tendance à se répartir sur l'ensemble du squelette de la molécule, et ceci d'autant plus qu'il y aura un plus grand nombre de doubles liaisons en positions conjuguées, c'est-à-dire séparées les unes des autres par une seule simple liaison.

Dans la molécule de benzène, il n'y a plus un doublet π appartenant à une certaine double liaison localisée tandis qu'un autre doublet π contribuerait à la constitution d'une double liaison voisine. Les six électrons π circulent tous dans une double zone annulaire de part et d'autre du noyau et la fonction d'onde de chacun d'eux est antisymétrique par rapport au plan du noyau qui devient le plan nodal électronique dans ce cas. Cette conception est une conséquence directe de la mécanique ondulatoire et elle est en somme assez voisine de l'ancienne hypothèse de Thiele sur la valence partielle. Le noyau benzénique est plan et parfaitement symétrique (avec un axe de symétrie d'ordre 6) ainsi que le veut l'expérience. Chacun des trois doublets π contribue à renforcer chacune des liaisons carbone-carbone.

Cette délocalisation des électrons π s'effectue dans toutes les molécules conjuguées linéaires, ramifiées ou cycliques, que les fonctions insaturées soient identiques ou dissemblables, si deux conditions sont toutefois respectées : 1) coplanéité approximative des divers atomes participant au système conjugué; 2) les angles des directions valentielles adjacentes du même système doivent rester voisins de 120°. C'est ainsi qu'une très forte délocalisation a lieu aussi bien pour le benzène et le naphtalène que pour le butadiène, les carotènes, l'acroléïne, l'acide cinnamique ou le diacétyle par exemple. Les triples liaisons peuvent aussi participer à la conjugaison avec délocalisation mais par l'intermédiaire d'un seul de leurs deux doublets π. Cette fois, il n'y a naturellement plus d'angle de 120° au voisinage de la triple liaison mais trois ou quatre atomes disposés en ligne droite (cas du phénylacétylène, du tolane, du nitrile acrylique, etc.). Ces résultats qualitatifs s'obtiennent par la théorie de la mésomérie comme par la méthode des orbitales moléculaires. Les calculs montrent que les plans nodaux des divers électrons π supposés tout d'abord localisés au voisinage de certaines doubles liaisons doivent coïncider pour que la délocalisation sur l'ensemble du squelette moléculaire soit possible. De légères torsions de valence restent permises mais elles ne doivent pas excéder une dizaine de degrés, sinon les électrons π se séparent en deux groupes distincts, chaque groupe étant délocalisé sur une partie seulement de la molécule.

Quelques exemples sont utiles pour bien préciser cette notion. La molécule de biphényle est plane et chacun des douze électrons π circule sur l'ensemble des deux noyaux phényle, y compris la liaison centrale. Dans le bimésityle au contraire, par suite de l'encombrement stérique des quatre groupements méthyle en ortho de la liaison centrale, les deux noyaux deviennent perpendiculaires : les douze électrons se séparent en conséquence en deux groupes de six, chaque groupe étant délocalisé seulement sur l'un des noyaux aromatiques à l'exclusion de l'autre; la diffusion d'un électron π d'un noyau sur l'autre est rigoureusement interdite. Le même phénomène se rencontre dans l'acide β-pseudobutylcinnamique

* Les symboles σ et π employés pour les électrons moléculaires rappellent une certaine parenté de symétrie de ceux-ci avec les électrons atomiques s et p respectivement.



L'encombrement dû au butyle tertiaire force la chaîne latérale hors du plan du noyau phényle. Nous avons un premier groupe de 6 électrons π, réparti sur le noyau aromatique et un second groupe de 4 réparti sur l'ensemble

La deuxième condition de la conjugaison (pour les doubles liaisons) indique que les angles des directions valentielles doivent être voisins de 120°, ce qui est leur valeur normale dans les systèmes coplanaires. Des déformations importantes de ces angles se rencontrent dans certains petits cycles à 5 atomes comportant une double liaison (108° en moyenne). Dans ce cas la structure électronique se modifie complètement et il n'y a plus de conjugaison possible avec d'autres doubles liaisons, contenues par exemple dans un cycle adjacent. Pour les cycles à plus de 6 atomes (cas du cyclooctatétraène), la configuration plane ne reste pas la plus stable : les angles conservent leur valeur de 120° et la molécule se déforme en devenant gauche, ce qui entraîne encore une déconjugaison des électrons π présents.

***

La séparation théorique des électrons participant aux liaisons intramoléculaires en deux types σ et π serait assez vaine s'il ne s'agissait là que d'un simple jeu mathématique sans incidence sur l'interprétation de certaines données expérimentales. Or, la découverte des électrons π et de leurs singularités s'est révélée extrêmement fructueuse car elle a notamment permis de mieux comprendre les phénomènes suivants que nous allons maintenant examiner :

1° Stabilité particulière des molécules aromatiques et leur anisotropie magnétique ;

2° Modifications du spectre d'absorption dans le proche ultra-violet : effet bathochrome par conjugaison de doubles liaisons et effet hypsochrome par encombrement stérique ;

3° Stabilité des radicaux libres ;

4° Existence d'isomères magnétiques.

1° A partir des chaleurs expérimentales de combustion, la thermochimie montre que l'énergie de formation d'une molécule à partir des atomes constituants est une grandeur additive pour les carbures aliphatiques. Cette règle d'additivité est encore valable avec une appproximation suffisante pour les composés comportant des doubles liaisons à condition que celles-ci soient séparées les unes des autres par un carbone méthylénique au moins. Par contre, il n'y a plus aucune additivité possible pour les composés conjugués et aromatiques. Dans ce dernier cas, la chaleur de formation est toujours plus élevée que la chaleur calculée ; si l'on veut, la molécule apparaît comme plus stable que ne le prévoit la théorie de l'additivité. L'ordre de grandeur de la différence entre les chaleurs de combustion réelle et calculée, fréquemment appelée « énergie de résonance », est loin d'être négligeable : 39 kcal./molécule pour le benzène, 75 pour le naphtalène, 43 pour la pyridine, 43 pour l'aldéhyde benzoïque, etc. Il s'agit là d'un phénomène important ; comme le fait remarquer Dufraisse, s'il était possible de préparer le cyclohexatriène vrai, à doubles liaisons individualisées, sa transformation en benzène normal serait une véritable réaction explosive.

La mécanique ondulatoire rend compte de la grande stabilité des molécules aromatiques et des systèmes conjugés. On peut dire de manière générale que la délocalisation effective des électrons π d'une molécule entraîne un abaissement du niveau énergétique fondamental, cet abaissement étant d'autant plus grand que la délocalisation est plus prononcée. Le calcul des valeurs théoriques des « énergies de résonance » (c'est-à-dire des corrections à apporter aux calculs d'additivité) peut s'effectuer dans le cadre des théories quantiques, surtout pour les carbures d'hydrogène et les résultats numériques sont tout à fait satisfaisants.

Si l'on met à part les radicaux libres comportant un nombre impair d'électrons, les molécules organiques sont toujours diamagnétiques. Les carbures aromatiques présentent de plus de l'anisotropie magnétique, c'est-à-dire que la constante magnétique moléculaire K est variable avec la direction de mesure. Pour le benzène par exemple, la constante négative K mesurée suivant un axe perpendiculaire au plan du noyau est beaucoup plus grande en valeur absolue que la même constante mesurée suivant un axe contenu dans le plan du noyau ; la différence ΔK entre ces deux constantes est de 54.10^{-6} *u. e.* m. ce qui est considérable, du même ordre de grandeur que la constante magnétique moyenne. Les résultats expérimentaux, mis en évidence par Mrs Lonsdale ne peuvent s'interpréter en théorie de Langevin que par une grande délocalisation de certains électrons que l'on doit identifier avec les électrons π. Les effets ma-

gnétiques étant additifs, ce sont les électrons π qui jouent le rôle le plus important dans toute mesure le long d'un axe perpendiculaire au plan du noyau benzénique, par suite de leur présence sur une orbitale annulaire à grand rayon. Le long d'un axe contenu dans le plan du noyau, leur rôle est au contraire très amoindri.

2° L'interprétation de l'absorption dans le proche ultra-violet (entre 3.800 et 2.000 Å) est aussi intéressante car les électrons π en sont encore les seuls responsables. Une molécule entièrement saturée ne présente des bandes d'absorption que dans l'ultra-violet plus lointain, bien au-delà de 2.000 Å. Le doublet électronique π ordinaire (double liaison isolée) dont nous avons exclusivement considéré jusqu'ici le niveau fondamental présente toujours un niveau excité relativement proche du fondamental du point de vue énergétique. Le passage d'un électron du niveau fondamental à ce premier niveau excité s'effectue par absorption dans le proche ultra-violet, entre 2.000 et 2.800 Å suivant les groupements fonctionnels (aux environs de 2.200 Å pour l'éthylène, vers 2.040 Å pour le groupement carboxylique $-C\lesssim^{O}_{O-H}$, vers 2.700 Å pour $>C=O$ cétonique et vers 2.800 Å pour $-C\lesssim^{H}_{O}$ aldéhydique.)

La conjugaison des doubles liaisons avec délocalisation des électrons π provoque une multiplication des premiers niveaux excités en même temps que leur rapprochement. La théorie montre d'ailleurs qu'il existe un nombre d'orbitales possibles égal au nombre d'électrons π présents, mais la moitié seulement de ces orbitales (celles correspondant aux énergies les plus basses) sont occupées chacune par un doublet π dans l'état fondamental. Le nombre de transitions possibles dans le proche ultra-violet se trouve donc considérablement augmenté par la conjugaison et la première bande d'absorption est déplacée vers le visible (par comparaison avec des spectres de composés comportant les mêmes fonctions insaturées mais non conjugées). C'est là l'effet bathochrome classique. Par exemple, pour les carbures polyéthyléniques, on constate facilement des déplacements de position de la première bande d'absorption de l'ordre de 200 Å par groupe conjugué: le benzène (6 électrons π) absorbe vers 2.700 Å, la vitamine A (10 électrons π) vers 3.280 Å au lieu de 2.200 Å pour une double liaison éthylénique unique. L'effet bathochrome est encore plus important pour les dicétones conjuguées ; absorption considérable du diacétyle avec plusieurs maxima entre 4.400 et 3.900 Å au lieu de l'absorption normale des cétones simples vers 2.700 Å Comme dernier exemple, citons encore l'aldéhyde benzoïque qui absorbe fortement dès 3.700 Å avec plusieurs bandes jusqu'à 3.000 Å environ tandis que les groupements phényle et aldéhyde isolés absorberaient chacun vers 2.700 Å.

L'effet bathochrome par conjugaison nous apparaît donc comme une conséquence directe de la délocalisation des électrons π. Or, cette délocalisation n'a lieu que pour des composés plans ou quasi-plans, ce qui permet d'interpréter les particularités de l'absorption de certains composés présentant un fort encombrement stérique. Considérons les deux exemples typiques suivants, extraits des travaux de Madame Ramart :

1er *exemple :*

$C_6H_5-CH=N-NH-C_6H_5$ absorption à 3.450 Å

(phénylhydrazone du benzaldéhyde)

$C_6H_5-C(C(CH_3)_3)=N-NH-C_6H_5$ absorption à 2.700 Å

(phénylhydrazone de la phénylpseudobutylcétone)

2e *exemple :*

$C_6H_5-C(=N-OH)-CH_2-CH_2-CH_3$ absorption à 2.900 Å

(phénylpropylcétoxime)

$C_6H_4(C(=N-OH)-CH_2-CH_2-CH_3)(C(CH_3)_3)$ absorption à 2.650 Å

(dérivé pseudobutyl en ortho)

Dans les deux cas, l'absorption du dérivé encombré stériquement par un groupement pseudobutyle se situe dans l'ultra-violet plus lointain par rapport au dérivé non substitué. Le groupement pseudobutyle rend impossible l'existence de structures coplanaires conjuguées et c'est l'absence de planéité de la molécule qui entraîne un effet hypsochrome par suite de la séparation des électrons π en deux groupes distincts: la première bande d'absorption pour les deux composés encombrés stériquement est tout simplement celle du noyau phényle isolé.

3° Les théories modernes ont encore permis de comprendre les raisons de la stabilité parti-

culière de certains radicaux libres aromatiques, tel le triphénylméthyle. En chimie organique, un radical libre usuel est un composé à nombre impair d'électrons, ne satisfaisant pas à la règle de saturation des valences. Nous écrirons ainsi le radical méthyle : $H-\overset{H}{\underset{|}{C}}\cdot$ en mettant bien en évidence l'électron célibataire. Les radicaux libres aliphatiques du type du méthyle présentent une très grande réactivité chimique et ils ne sont pas stables les uns en présence des autres. Ils se combinent rapidement deux à deux pour donner des carbures saturés :

$$2\ CH_3\cdot \rightarrow CH_3 - CH_3 \text{ (éthane)}$$

Dans le cas du triphénylméthyle ,la réaction analogue à la précédente est au contraire réversible :

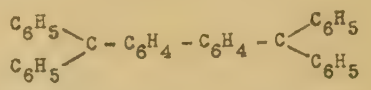
$$2(C_6H_5)_3\ C\cdot \rightleftharpoons (C_6H_5)_3\ C - C\ (C_6H_5)_3$$
(hexaphényléthane)

Le triphénylméthyle est donc caractérisé par une stabilité tout à fait remarquable. La théorie interprète cette stabilité car l'électron « célibataire » est un électron π. Dans la molécule d'hexaphényléthane, les deux atomes de carbone éthaniques ont la structure tétraédrique par suite de leur saturation et la liaison centrale est une liaison σ, mais après dissociation les trois noyaux phényle du radical libre deviennent coplanaires, les trois valences du carbone « trivalent » formant les unes avec les autres des angles de 120°. L'électron libre devient un électron π qui diffuse sur tout l'ensemble du squelette moléculaire. Les 18 autres électrons π des trois noyaux phényle, primitivement séparés en trois groupes distincts de 6, se répartissent également sur toute la molécule. Cette grande délocalisation entraîne pour le radical libre un abaissement important du niveau énergétique fondamental, qui compense à peu près exactement l'énergie mise en jeu par la rupture de la liaison centrale, d'où l'équilibre possible.

On a une dissociation de l'ordre de 30 % en solution dans le benzène à l'ébullition. Les solutions sont fortement colorées car le radical libre absorbe dans le visible par suite de l'effet bathochrome intense provoqué par la délocalisation. Pour l'hexaphényléthane, au contraire, la théorie prévoit une absorption correspondant aux seuls noyaux phényle considérés comme indépendants.

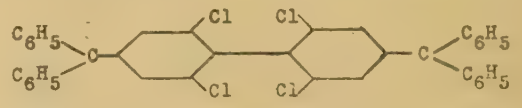
4° Un radical libre comme le triphénylméthyle est paramagnétique tandis que les molécules organiques à nombre pair d'électrons sont diamagnétiques. Cette particularité provient de la non-compensation du spin du dernier électron par un électron couplé à spin antiparallèle au premier. Ce paramagnétisme des radicaux libres nous amène tout naturellement à la question de l'isomérie magnétique des biradicaux.

Tschitschibabin fut le premier à essayer de préparer un biradical libre, d'ailleurs désigné aujourd'hui sous le nom de carbure de Tschitschibabin ,de formule :



Ce carbure est tout simplement un bitriphénylméthyle. Toutefois, ce composé se montre diamagnétique, comme une molécule organique ordinaire, car les deux électrons supposés « célibataires », forment en réalité un doublet de même orbitale par suite de leur diffusion sur tout l'ensemble de la molécule.

Müller et Neuhoff, guidés par les théories quantiques, sont arrivés à préparer un biradical libre vrai, paramagnétique. Il s'agit d'un dérivé tétrachloré du carbure de Tschitschibabin, de formule :



L'encombrement stérique créé par les atomes de chlore empêche la coplanéité totale de la molécule et les 38 électrons π présents dans le système se séparent en deux groupes de 19, chaque groupe se répartissant sur une moitié seulement de la molécule. Ces deux groupes s'ignorent en quelque sorte, le franchissement de la liaison centrale n'étant plus permis à un électron π, et ils comportent chacun un électron « célibataire ». Les spins de ces deux électrons non appariés peuvent être parallèles ou antiparallèles, mais ceci se fait au hasard dans les diverses molécules. Il s'agit là d'une véritable isomérie magnétique ; nous avons deux types de molécules qui sont identiques sauf au point de vue magnétique. Certaines molécules sont diamagnétiques (spins antiparallèles), d'autres paramagnétiques (spins parallèles). Le mélange des deux isomères est paramagnétique car le paramagnétisme du premier type de molécule est beaucoup plus important que le diamagnétisme du deuxième type de molécule.

*
**

Ici se termine notre étude de l'incidence de la mécanique ondulatoire sur les théories chi-

miques. Cette étude nous a permis de suivre pas à pas l'évolution de la notion de valence à partir du doublet de liaison de Lewis. La distinction de deux types d'électrons appelés σ et π paraît un résultat essentiel qui doit s'intégrer dès maintenant dans les connaissances courantes du chimiste moderne. La théorie des électrons π complète et précise en quelque sorte la théorie de la valence partielle proposée par Thiele dès 1899. Nous avons vu encore les conditions de la délocalisation électronique et leurs conséquences spectrales et magnétiques.

Ces premiers résultats chimiques des nouvelles théories quantiques sont vraiment remarquables et pleins de promesses. Il reste seulement à espérer que théoriciens et chimistes feront dans l'avenir l'effort nécessaire pour se comprendre mutuellement, au plus grand avantage de l'avancement de la science.

JEAN GUY.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Pour les chimistes s'intéressant aux résultats obtenus en chimie théorique par l'application de la mécanique ondulatoire, les trois ouvrages suivants, de lecture relativement facile, sont particulièrement conseillés :

PAULING (L.). — *The nature of the chemical bond.* Cornell University Press. Ithaca (N. Y.) (1939), ainsi qu'une série d'articles parus dans le *J. Am. Chem. Soc.*, à partir de 1931.

MÜLLER (E.). — *Neuere Anschauugen der organischen Chemie.* Springer, édit., Berlin (1940).

WHELAND (G. W.). — *The theory of resonance.* Wiley and Sons, édit., New-York (1944).

Parmi les ouvrages et monographies d'initiation aux calculs de la mécanique ondulatoire en vue des applications chimiques, citons :

PAULING (L.) et WILSON (E. B.). — *Introduction to quantum mechanics.* McGraw Hill Book Co., New-York (1935).

PENNEY (W. G.). — *The Quantum theory of valency.* Methuen and Co., Londres (1935).

Van VLECK (J. H.) et SHERMAN (A.). — *The Quantum theory of valence. Rev. of Mod. Phys.* (1935), *7*, 167.

COULSON (C. A.). — *Proc. Roy. Soc. Edimbourgh* (1941), *61*, 115.

EYRING (H.), WALTER (J.) et KIMBALL (G. E.). — *Quantum chemistry.* Wiley and Sons, édit., New-York (1944).

LES LIVRES REÇUS

ARLEYS (Niels). — **On the theory of Stochastic Processes and their applications to the theory of Cosmic Radiations** (John Wiley and sons, New-York) $ 5.

BARROUX (M.). — **Cours de radioélectricité**, 2 vol. (Eyrolles, Paris), 1.480 francs chacun.

BOREL (Emile). — **Eléments de la Théorie des Ensembles** (Albin Michel, Paris), 720 francs.

CASTELFRANCHI (Gaetono). — **La Physique moderne**, tome I. (Dunod, Paris), 1.500 francs.

CHARLOT (G.) et BEZIER (D.). — **Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale** (2e éd. refondue, Masson, Paris), 500 francs.

CORK (James M.). — **Radioactivité et Physique nucléaire** (Dunod, Paris), 1.350 francs.

GRASSE (Pierre P.). — **Traité de Zoologie**, tome IX : insectes. (Masson et C°, Paris). Relié 4.100 francs.

GRASSE (Pierre P.). — **Traité de Zoologie**, tome VI : Onychopores, Tardigrades, Arthropodes, Trilobitomorphes, Chelicérates. (Masson et C°, Paris). Relié 5.000 francs.

GRIGNARD (Victor). — **Précis de Chimie organique**, 3e éd. (Masson et C°, Paris). 2.600 francs.

GOURSAT Edouard. — **Cours d'analyse mathématique**, tome II : fonctions analytiques, équations différentielles et aux dérivées partielles, 7e éd., revue et augmentée par J. Favard. (Gauthier-Villars, Paris). 3.000 francs.

KEGHEL (Dr M. de). — **Traité général de la fabrication des colles, des glutinants et matières d'apprêts.** (Gauthier-Villars, Paris). 2.000 francs.

KITTY-PONSE. — **La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les Vertébrés.** (Rouge et C°, Lausanne).

KONRAD (P.) et MAUBLANC (A.). — **Les Agaricales Agaricaceæ** (Paul Lechevellier, Paris).

LANGERON. — **Précis de Microscopie**, 7e éd. (Masson et C°). Cartonné : 2.600 francs.

LUMIERE (Auguste). — **La maladie cette grabde inconnue** (Albin Michel, Paris). 270 francs.

PASCAL (Paul). — **Chimie générale : Atomistique, problèmes généraux de structure.** (Masson et C°, Paris). 1.700 fr.

PLANTEFOL (Lucien). — **L'ontogénie de la fleur.** (Masson et C°, Paris). 500 francs.

POUTIERS (Dr R.). — **Atlas des parasites des cultures**, fascicule III : maladies parasitaires, maladies non parasitaires. (Ed. Boubée et C°, Paris). 450 francs.

ROBEQUAIN (Ch.). — **Les richesses de la France d'Outremer.** (Payot, Paris). 480 francs.

ROUBAULT (Marcel). — **La genèse des montagnes.** (Collection « La Science Vivante », Presses Universitaires, Paris). 400 francs.

TIMOSHENKO (S.). — **Résistance des matériaux**, 2e partie : théorie élémentaire et problèmes (Lib. Polytechnique Béranger, Paris et Liège). 2.800 francs.

VANNIER (Dr Léon). — **Homéopathie, médecine humaine** (Albin Michel, Paris). 300 francs.

VIENNOT-BOURGIN (G.). — **Les champignons parasites des plantes cultivées.** (Masson et C°, Paris). 2 vol. brochés : 6.000 francs.

Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi : Spermatophytes, volume I (Publications de l'I.N.E.A.C., Bruxelles).

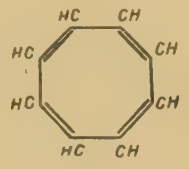
LE CYCLOOCTATÉTRAÈNE

Matière première industrielle de l'avenir

par A. WILLEMART

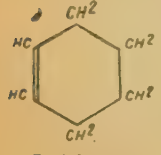
Chef de Travaux à l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris

En 1911, Willstaetter et ses élèves ont préparé pour la première fois le cyclooctatétraène, hydrocarbure cyclique contenant 8 atomes de carbone dans le cycle, liés alternativement par des simples et des doubles liaisons.



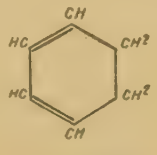
Ces savants ont utilisé la pseudo-pellétiérine, alcaloïde extrait de l'écorce de grenadier, qui renferme justement dans sa molécule un cycle en C_8. Par des séries de réactions classiques de la Chimie organique (hydrogénation, déshydratation, méthylation, introduction de doubles liaisons par distillation des bases d'ammonium quaternaire, bromuration, etc.), ils ont obtenu quelques grammes de produit à partir de 100 g de pseudo-pellétiérine provenant d'ailleurs de 100 kg d'écorce de grenadier; la suite des réactions est indiquée ci-dessous.

Dans l'esprit des auteurs, il s'agissait de préparer une sorte d'« homologue » du benzène, ce dernier étant considéré depuis Kekule (1865) comme un hydrocarbure cyclique contenant 6 atomes de carbone dans le cycle alternativement liés par des simples et des doubles liaisons. Pour expliquer le caractère « aromatique » rencontré dans un tel mode de liaison (en particulier difficulté des réactions d'addition malgré la présence de liaisons éthyléniques), Thiele (1889-1900) avait émis la *théorie des valences partielles*,

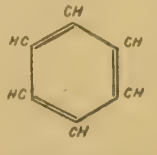


Cyclohexène

addition facile de Brome



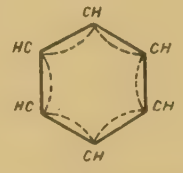
Cyclohexadiène



Cyclohexatriène ou benzène

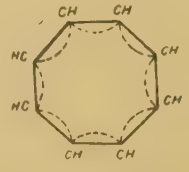
pas d'addition de Brome

ce qui se traduisait dans la formule structurale du benzène (et des composés aromatiques) par la disparition des liaisons éthyléniques : le benzène perdait la symétrie ternaire pour prendre une symétrie hexagonale à cause de la conjugaison en cycle des trois liaisons éthyléniques.



Benzène d'après THIELE

Si l'hypothèse de Thiele pouvait avoir quelque vraisemblance, il était probable qu'un cycle de 8 atomes de carbone liés alternativement par des simples ou des doubles liaisons devait posséder le caractère « aromatique », puisque la saturation des valences partielles devait lui donner la configuration suivante :



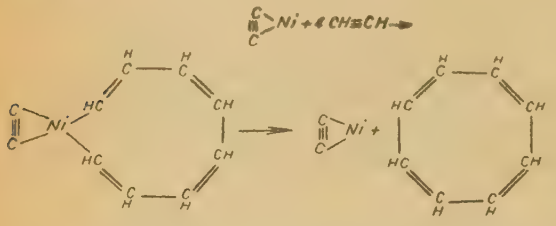
La possibilité effectivement constatée de réaction d'addition sur le cyclooctatétraène, son caractère réducteur, ne permettent pas de considérer cet hydrocarbure comme un « homologue » du benzène, mais simplement comme un composé cyclanique non saturé (oléfinique). Les théories modernes de la « mésomérie » expliquent la singularité du cycle hexagonal et semblent avoir mis un point final aux nombreuses discussions sur le caractère aromatique.

***

Jusqu'à ces dernières années, le cyclooctatétraène devait être considéré comme un produit rare préparé seulement par Willstatter à partir d'une matière première fort coûteuse.

En 1940, le chimiste allemand Reppe a trouvé qu'on pouvait aisément préparer des cyclopolyoléfines, principalement le cyclooctatétraène, par polymérisation de l'acétylène. A vrai dire, la polymérisation de l'acétylène à haute température fournit, ainsi que Berthelot l'a montré en 1866, des hydrocarbures aromatiques, dont le benzène. L'industrialisation possible de cette transformation a suscité de nombreuses études. Récemment (1942), Pascal et Coupard signalèrent l'utilisation du carbure d'aluminium comme catalyseur. Simultanément, Reppe et ses collaborateurs réalisaient la polymérisation de l'acétylène en benzène en opérant sous 15 kg de pression à 60-70° en présence d'un solvant organique contenant un mélange de nickel-carbonyle et

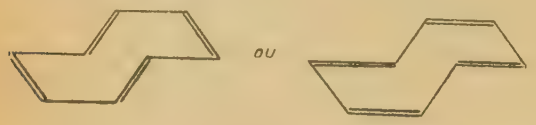
de triphénylphosphine. Sous l'influence d'un autre catalyseur (halogénures de nickel ou mieux cyanure de nickel) en présence de tétrahydrofurane, Reppe constata que l'on pouvait polymériser quatre molécules d'acétylène en cyclooctatétraène; l'auteur admet que le véritable catalyseur serait l'acétylénure de nickel et formule la réaction de la manière suivante :



Les rendements de cette transformation sont de l'ordre de 70 %, quelques essais ayant d'ailleurs donné plus de 90 %.

Le cyclooctatétraène est un liquide d'un jaune doré, bouillant à 142°-143° sous 760 mm, fondant à — 7°.

On représente conventionnellement le cyclooctatétraène par un octogone plan; en réalité la structure tétraédique de l'atome de carbone doit conférer à la molécule une structure gauche pouvant se représenter en perspective de la manière suivante :

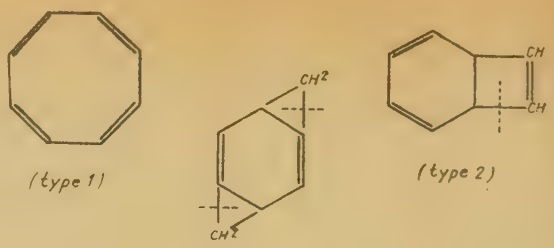


représentation d'ailleurs confirmée par les principales mesures physiques (spectre Raman, spectre infra-rouge, spectre ultra-violet, moments dipolaires).

***

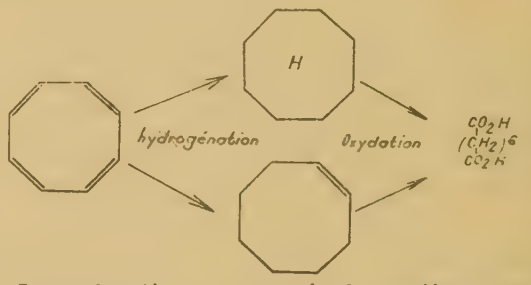
Reppe et ses collaborateurs ont étudié les principales transformations chimiques du cyclooctatétraène et ont préparé au laboratoire plus d'une centaine de composés dont beaucoup sont nouveaux.

Dans ses principales transformations, le cyclooctatétraène peut réagir suivant plusieurs formes de structures différentes : pour certaines il y a maintien du cycle en C_8 (type 1), pour d'autres, il y a formation de dérivés bicycliques (cycle en C_6 accolé avec un cycle en C_4) (type 2); enfin, dans d'autres cas, il peut y avoir aromatisation avec formation de dérivés de l'éthylbenzène (suivant le type 2 avec ouverture du cycle butanique) ou encore de dérivés du paraxylène (suivant le type 3 avec ouverture des cycles propaniques).

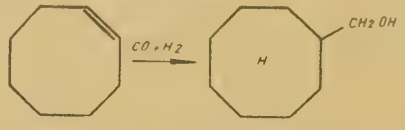


I. — RÉACTIONS CONSERVANT LE CYCLE EN C_8

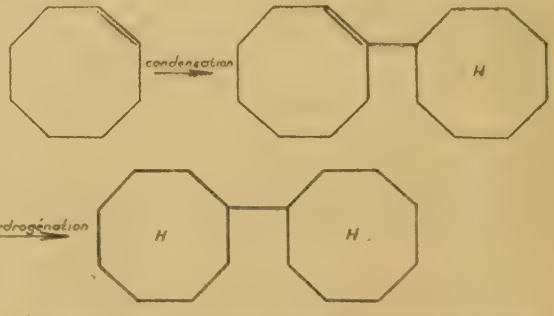
Par hydrogénation catalytique, on peut obtenir la cyclooctène ou le cyclooctane qui peuvent tous deux s'oxyder en acide subérique :



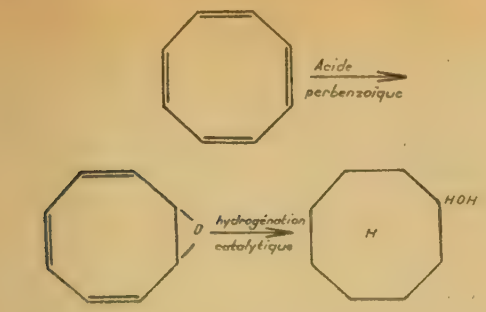
Le cyclooctène peut servir de matière pour la préparation des dérivés du cyclooctane : ainsi par l'action d'un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène (réaction oxo) on obtient le cyclo-octyl-carbinol :



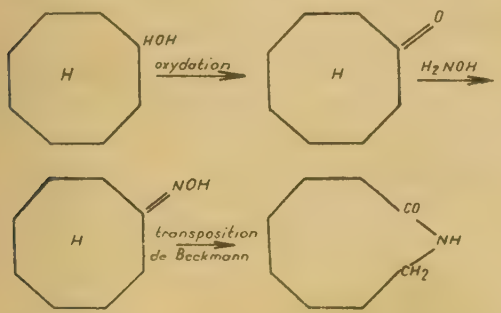
Sous l'action de l'acide sulfurique le cyclooctène se condense en cyclo-octényl-cyclooctane qui peut être hydrogéné en dicyclooctane :



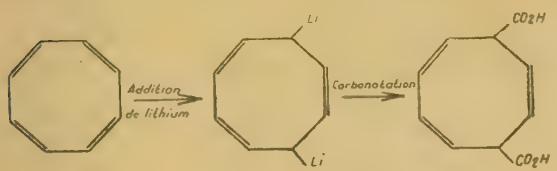
Par traitement avec l'acide perbenzoïque, le cyclooctatétraène donne un dérivé époxy, lequel, par hydrogénation catalytique, donne le cyclooctanol :



Le cyclooctanol peut s'oxyder en cyclooctanone dont l'oxime soumise à la transposition de Beckmann donne la capryllactame :

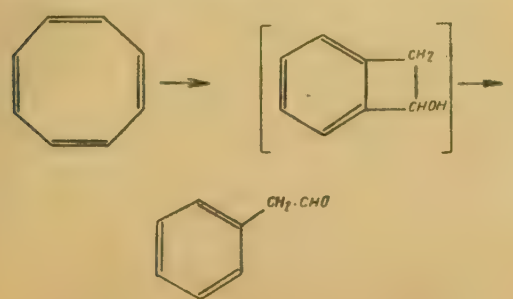


Le cyclooctatétraène peut additionner le lithium et ce dérive donné par carbonatation un diacide cristallisé :

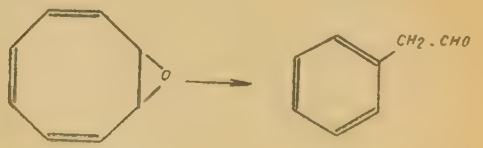


II. — REACTIONS AVEC AROMATISATION

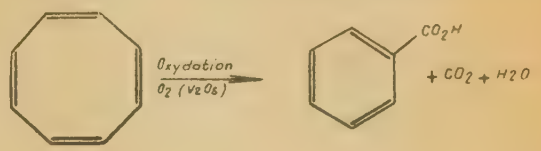
a) *Suivant le type* 2. — Le cyclooctatétraène en émulsion aqueuse réagit immédiatement avec le sulfate mercurique en donnant un précipité blanc qui subit une hydratation et oxydation simultanée en phénylacétaldéhyde :



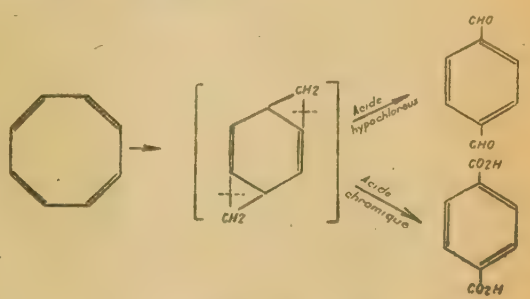
Le même produit résulte d'une isomérisation par l'acide sulfurique dilué de l'époxy du cyclooctatétraène provenant de l'action de l'acide perbenzoïque (voir ci-dessus).



Par oxydation catalytique par l'oxygène ou l'air en phase gazeuse en présence d'oxyde de Vanadium comme catalyseur, on obtient presque quantitativement l'acide benzoïque :



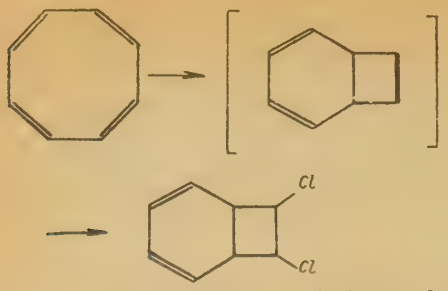
b) *Suivant le type* 3. — L'oxydation du cyclooctatétraène par l'acide hypochloreux en milieu alcalin donne l'aldéhyde téréphtalique; l'oxydation par l'acide chromique donne l'acide téréphtalique :



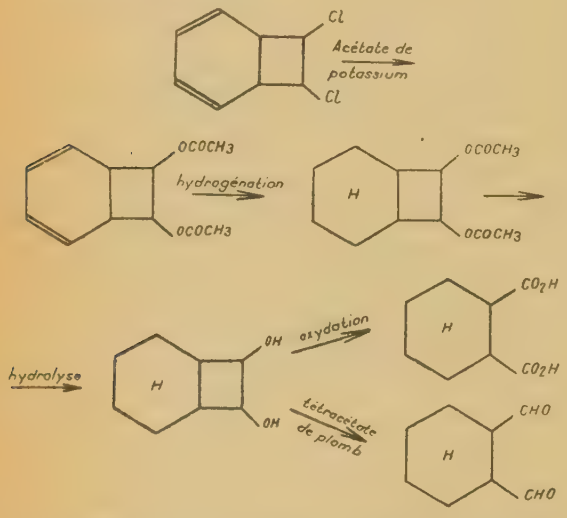
III. — REACTIONS TRANSFORMANT LE CYCLE PRIMITIF EN C_8 EN DEUX CYCLES ACCOLES (C_6 et C_4)

Il est remarquable que le cyclooctatétraène ne donne pas de dérivés octahalogénés d'addition ($C_8H_8X_4$ avec X : Cl ou Br), mais seulement des dérivés dihalogénés ($C_8H_8X_2$), tétrahalogénés ($C_8H_8X_4$) et hexahalogénés ($C_8H_8X_6$).

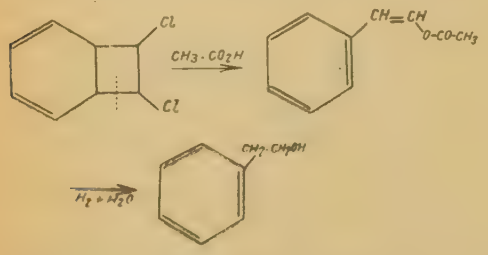
L'addition des halogènes (chlore ou brome) s'effectue avec un changement fondamental du cycle en C_8 et avec formation d'un dérivé bicyclique associé en C_6 et C_4. Ainsi l'addition de chlore par l'action du chlorure de sulfuryle doit être représenté par l'équation chimique ci-dessous :



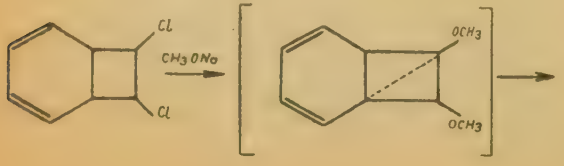
Par une suite de réactions chimiques classiques, on peut transformer ce dérivé dichloré en acide hexahydrophtalique ou en hexahydrophtalaldéhyde :

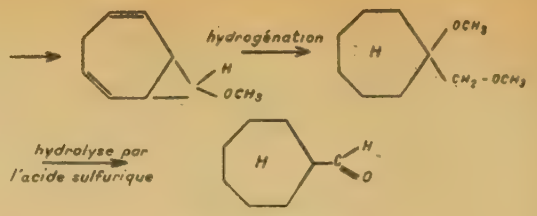


Le même dérivé dichloré, traité par l'acide acétique glacial donne par suite d'aromatisation, un acétate, lequel par hydrogénation et hydrolyse donne l'alcool β-phényléthylique :



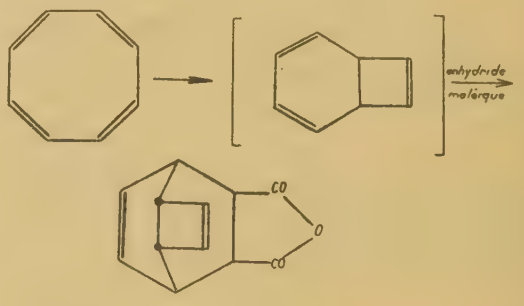
L'action du méthylate de sodium sur le dérivé dichloré donne un changement de structure inattendu aboutissant après hydrogénation à l'aldéhyde subérique :



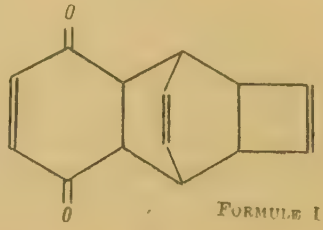


Aldéhyde subérique

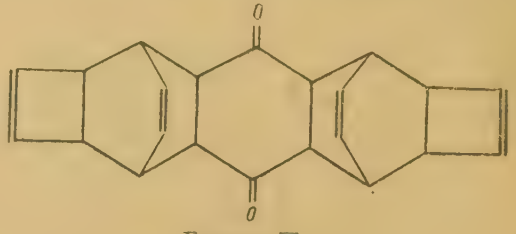
Malgré la présence de quatre doubles liaisons conjuguées, le cyclooctatétraène ne réagit dans la synthèse diénique à une température relativement élevée qu'avec une seule molécule philodiénique (anhydride maléique, acide acrylique, quinone, naphtoquinone, etc.) : il y a eu changement de structure du cycle en C_8 avec formation d'un dérivé bicyclique (en C_6 et en C_4), de telle sorte que l'addition d'anhydride maléique doit être formulée :



Le benzoquinone réagit comme philodiène avec une molécule (formule I) ou avec deux molécules (formule II) de cyclooctatétraène :



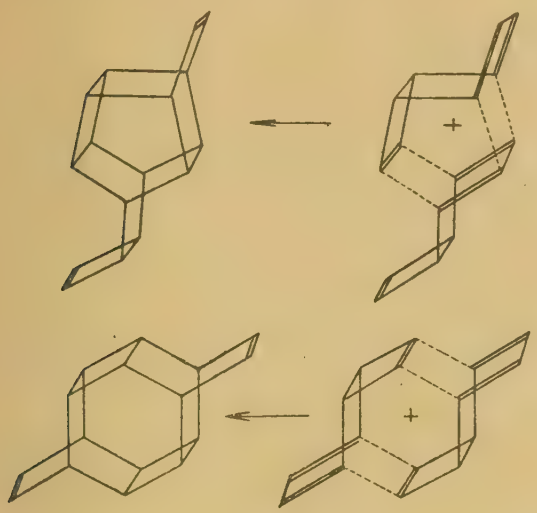
FORMULE I



FORMULE II

Enfin, il y a lieu de signaler que le cyclooctatétraène est capable, comme produit non

saturé, de se polymériser sous l'action de la chaleur et en présence d'air. Deux dimères ont été isolés provenant probablement d'une double synthèse diénique pouvant probablement s'effectuer suivant les deux modes distincts ci-dessous :



Si l'on envisage la facilité de formation du cyclooctatétraène à partir de l'acétylène (produit industriel particulièrement accessible), si d'autre part l'on considère l'ensemble des transformations que l'on peut faire subir à ce composé, il ne paraît pas douteux que la préparation industrielle du cyclooctatétraène ne devienne un jour une réalité. La Chimie Organique sera enrichie des composés cycliques en C_8 et même en C_7, de composés polycycliques, ainsi que de diacides aliphatiques (acide adipique, acide subérique) intéressant la préparation des superpolyamides. Il n'y a pas lieu non plus de négliger certains composés aromatiques facilement accessibles tels que le phénylacétaldéhyde, l'alcool phényléthylique qui trouvent un emploi en parfumerie et l'acide téréphtalique principalement utilisé dans les fibres artificielles (Térylène). On est en droit de se demander si dans l'avenir le cyclooctatétraène ne deviendra pas une matière de base aussi fructueuse que le fut un autre composé organique « anormal », l'oxyde d'éthylène.

A. Willemart.
(*Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris.*)

CULTURE PHYSIQUE
GÉNÉRALE ET MÉDICALE
MASSOKINESITHÉRAPIE

Enfants :
15, rue Malebranche
Odéon 43-25

M. GUÉNOT

Adultes :
115, boul. St-Germain
Danton 01-36

Essai d'une conception psycho-physiologique des états délirants

par le Docteur A.-M. Paul ABÉLY
Médecin-chef de l'Hôpital Sainte-Anne

Il y a un siècle et demi que la Psychiatrie est devenue science médicale, ce fut aux environs de 1800. Il semble que la Révolution française, les encyclopédistes, l'humanisme naissant aient contribué à cette orientation nouvelle.

Pinel, en France, représente le symbole de cette aurore. Puis, conjointement, en Allemagne, en Angleterre, en Italie, se développa la médecine mentale.

Pendant ces 150 ans, la Psychiatrie a lentement évolué par *trois stades successifs*. Ce fut d'abord la phase nosographique, où des cliniciens remarquables, dépourvus de moyens d'investigation, réussirent par leur seul génie d'observation à classer des syndrômes complexes, à défricher une véritable forêt vierge.

Ce fut ensuite l'ère de l'anatomie pathologique et la découverte de la paralysie générale, isolée par Bayle, éclairée, au point de vue anatomique, par Calmeil, en1889. Cette période des études histologiques a permis peu à peu de situer deux types de psychoses : les unes *lésionnelles,* les autres *fonctionnelles*. Elle n'a certainement pas terminé sa mission, mais je pense qu'elle arrive, lentement, aux limites de son domaine.

Le troisième stade évolutif, le stade moderne, dont le départ se situe à quelque trente ou quarante ans environ, est pourrait-on dire le stade de la *perplexité*.

Il oscille entre spychologique et le physiologique en des courants quelquefois très divergents. On l'a qualifié, en terme assez imprécis, de dynamique, mais il s'agit d'un dynamisme encore un peu confus. Les uns, mettent tous leurs espoirs dans la psychologie pure, dans la psychanalyse, dans une philosophie quelquefois inspirée du néo-existentialisme, de phénoménologie, de gestalt, de structure. D'autres, au contraire, n'accordent leur confiance qu'à la biologie (terme qui demanderait, lui aussi, à être mieux défini). Enfin la psychochirurgie apporte à son tour des éclaircissements nouveaux.

Au milieu de cette abondance ,avec plusieurs autres psychiatres contemporains, je préfère adopter une attitude mixte : celle de la *psycho-physiologie*.

Définition de la psycho-physiologie. — Mais il s'agit de bien préciser cette expression, qui tend elle aussi à s'égarer dans des méandres obscurs et inattendus. C'est ainsi que la psychologie médicale de Kretschmer, les méthodes diverses de tests ne correspondent pas exactement à ma pensée.

La psycho-physiologie consiste évidemment à étudier ,avec le maximum de précision, les relations de la vie mentale et de la vie organique. Mais cette science n'est pas une philosophie .Elle doit donc être débarrassée de toute tendance métaphysique.

Cabanis eut incontestablement tort d'écrire en 1799 « le cerveau fait organiquement la sécrétion de la pensée ». Car si l'on veut pousser plus loin *encore ce principe de causalité*, on peut se demander qu'est-ce que secrète à son tour la pensée ?

La psycho-physiologie doit se limiter à l'observation de faits objectifs, aussi bien psychologiques que physiologiques, et à tenter de découvrir leurs interdépendances.

Dans notre domaine c'est à la *psychopathologie* et à la physiopathologie qu'il faut s'adresser ; les étudier d'abord séparément, ensuite grouper et interpréter les coincidences, contrôler, enfin par l'expérimentation et la thérapeutique l'ensemble des données ainsi acquises. C'est cette méthode que je vais utiliser pour aborder aujourd'hui, *avec quelque audace,* ce problème encore bien obscur des états délirants.

Et tout d'abord qu'est-ce qu'un état délirant?

Délirer ou *de-lirare,* c'est éthymologiquement sortir du sillon, c'est-à-dire s'écarter de la route tracée : celle du bon sens et de la raison. C'est *dérailler*. L'erreur est un déraillement qui peut être collectif et individuel, mais ce n'est pas un délire, elle ne devient telle que si elle persiste, s'amplifie et surtout, si ses

causes et ses conséquences deviennent frappantes par leur illogisme et leur disproportion, enfin si elles s'accompagnent d'un état affectif pathologique ?

Je n'ai pas l'intention de vous développer tous les syndrômes délirants et leurs classifications, obscurcies de trop de néologismes.

Je vous signale seulement qu'il existe :

1° Des délires apparemment cohérents, sino nraisonnables tout au moins *raisonnants,* dont la systématisation suit un ordre logique et dont on peut saisir l'évolution. Ils sont basés soit sur des pures interprétations, soit sur de troubles psycho-sensoriels ou hallucinatoires.

2° Des délires peu cohérents, plus ou moins fantastiques, anarchiques, sans systématisation véritable, s'accompagnant d'une affectivité discordante et paradoxale, on les appelle des *délires paranoïdes.*

3° Enfin, il est une dernière catégorie de délires, surtout à base *d'angoisse* et non *d'anxiété,* accompagnés ou précédés d'épisodes confusionnels, associée à des troubles sensoriels très particuliers, à prédominance visuelle et à des perturbations des fonctions hypniques. Ce sont les délires oniriques ou oniroïdes.

C'est de ceux du premier groupe que je vais surtout m'occuper et plus spécialement des *psychoses hallucinatoires systématisées.*

Une telle malade passe, selon la sémiologie clinique par les étapes successives suivantes : début par l'inquiétude et l'anxiété, puis sentimlnt d'emprise, écho et vol de la pensée, ensuite commentaire des actes, enfin hallucinations polysensorielles mais exceptionnellement visuelles, surtout auditives : injurieuses, menaçantes, aboutissant à des idées actives de persécution et à un délire systématisé.

Avant d'aborder l'exposé de mon essai de conception étiologique de tels états, il me faut tout d'abord vous résumer les différentes théories qui ont tenté de les expliquer.

Vous pouvez deviner tout de suite qu'on va se trouver en présence d'opinions très opposées, d'une opposition parfois irréductible ; celles des psychogénécistes et celles des organicistes, éternelle querelle qui désole notre spécialité.

Il y eut d'abord les conceptions mécanistes Allemandes (de Kroeplin, de Klinke, etc...) basées sur le principe du Gedankenlautenwerden ou *raisonnance* de la pensée. Puis celle de Séglas qui s'intéressa spécialement aux hallucinations verbales auditives et aux troubles du langage intérieur lequel s'extériorise en raison de son intensité. Parmi ces mêmes théories mécanicistes plus ou moins différentiées on peut citer encore celle de Gilbert Ballet, de de Morsier et F. Morel (de Genève), de Kremicke. Enfin, plus récemment, celle de de Clérambault, ce dernier nous a laissé une analyse inimitable de ce syndrôme délirant. Elle est digne du grand clinicien et du grand artiste qu'il était. Il nous a laissé aussi des œuvres impérissables telle la description du syndrôme érotomaniaque et ce n'est pas toucher à sa mémoire que de discuter sa notion : « d'automatisme mental. »

Ce mot même me semble sujet à quiproquos Il fait aussitôt évoquer un phénomène de libération, une baisse du pouvoir de contention, une brusque anarchie de tous les processus intellectuels. N'ayant jamais exactement saisi la pensée de l'auteur, je me demande si cet automatisme mental peut être comparé à un déroulement automatique de la pensée, à ce que Janet appellerait une baisse de cette tension pathologique qui conditionne ce déroulement et cet automatisme ? De Clérambault faisait entrer ce syndrôme dans la Neurologie, et en voyait l'origine dans des séquelles de lésions infectieuses, toxiques, traumatiques ou sclérosantes, créant une excitation nécessaire des centres sensoriels. Mais ces séquelles, en fait hypothétiques n'ont jamais pu être objectivement contrôlées.

L'automatisme psychique peut être comparé dans une certaine mesure à l'automatisme neurologique. Or, il est une loi physiologique générale, que précise dans ses détails Sydney Ringer qui dit : « La tendance à l'activité automatique, que manifestent tous les éléments du système nerveux, s'accroît lorsque la teneur en calcium du milieu environnant diminue. »

Des recherches plus récentes, dont celles de A. M. Monnier montrent que dans ces phénomènes d'automatisme neurologiques rentre l'action du complexe phosphocalcique et de son équilibre ainsi que du P. H. du sang et aussi des médiateurs chimiques, telles que l'acétylcholine et l'adrénaline.

Il est curieux de remarquer que, si on aborde le problème biologique des psychonévroses, en particulier celui de la psychasthénie et de certaines formes mentales de la spasmophilie, où le déroulement automatique de la pensée, l'automatisme mental représentent les symptômes dominants, *on retrouve exactement* les mêmes *formules biochimiques,* les mêmes anomalies (phosphore, calcium, potassium, P.H., etc...) que dans l'automatisme neurologique.

Or, *ces mêmes formules biochimiques ne se retrouvent jamais* dans la psychose hallucinatoire chronique, ou d'ailleurs comme j'essayerai de le démontrer, tout à l'heure, il n'y a pas de déroulement automatique de la pensée, mais a ucontraire une fixation intense de cette même pensée, qu'on pourrait comparer à une activité nerveuse, non plus rythmique mais polarisée. C'est ce qui me fait abandonner la théorie de l'automatisme mental dans la psychose hallucinatoire chronique. Des critiques un peu voisines pourraient être adressées aux théories cœnestopathiques et en particulier à celle de la cœnestopathie dystonique de P. Guiraud. Car ce sont les malades qui affirment de telles cœnestopathies, mais comment les contrôler ?

Quand on médite sur toutes ces conceptions mécanistes, comment ne pas être frappé par l'absence de tels syndrômes chez les sujets présentant des lésions corticales indubitables, comment ne pas retenir les observations de ces vingt malades présentés tout récemment à la Société Médoco-Psychologique par M. Pailhas et ses collaborateurs ? Tous ces malades étaient porteurs de tumeurs temporales ou parieto-temporales, la plupart souffraient de troubles sensoriels réels, mais aucun ne délirait.

Si on aborde maintenant les théories explicatives purement psychologiques on n'éprouve pas également une satisfaction totale, mais on a cependant l'impression d'être plus près de la vérité. C'est ainsi que la conception de M. Blondel dans son livre « La Conscience Morbide », où il se fait le défenseur de l'origine intellectualisée de l'hallucination, peut se résumer ainsi : « *la parole et la pensée ne font qu'un*, or, la parole s'entend, il n'est donc pas impossible que l apensée ne s'entende aussi ».

Pierre Janet aborda d'abord le problème sous l'angle d'une baisse de la tension psychologique aboutissant à des phénomènes de *répétition* de la pensée. Comme, je l'ai dit précédemment à propos de l'automatisme mental, de de Clérambault, je ne crois pas dans ce cas à cette baisse de la tension psychologique. Beaucoup plus importante me parait être la deuxième notion qu'il avança, celle de *l'objectivation intentionnelle* de l'anxiété. Dans certains états psychasthéniques (rares d'ailleurs) on peut retrouver cette association du sentiment de répétition et d'objectivation intentionnelle mais dans le véritable délire hallucinatoire systématisé seul existe le deuxième facteur.

C'est son rôle que je tenterai, tout à l'heure, d'expliquer.

Avant d'en terminer avec ces diverses théories explicatives de l'écho de la pensée ou de l'hallucination délirante, il me reste à envisager la plus actuelle qui se nomme elle-même néo-jacksonnienne. J'ai lu attentivement, crayon en main, tous les travaux qu'elle a inspirés et en particulier les thèses de Nodet et de Ch. Durand. Leurs lectures m'ont fortement intéressé souvent même passionné, mais les dernières pages m'ont laissé sur mon appétit, comme au théâtre une belle pièce qui se termine bizarrement.

Jackson, génial neurologiste anglais, au siècle dernier établit une hiérarchie de fonction aux divers étages du système nerveux et aboutit à la conception des dissolutions partielles. La notion présente de dissolutions globales ou psychiques, opposées au xdissolutions partielles neurologiques me parait tellement inexacte au départ que tout l'édifice semble vaciller.

Cette conception est la suivante : le pychisme étant la synthèse épanouie et transcendante de tous les apports inférieurs aux différents étages neurologiques, celle-ci ne peut qu'éclater en bloc, se dissoudre et libérer ainsi le niveau sous-jacent. J'ai l'outrecuidance de soutenir l'opinion opposée et de prétendre que la synthèse peut se fractionner d'autant mieux qu'elle est plus parfaite.

Je vais prendre à ce propos un exemple banal et très élémentaire. Supposons que nous soyons dans une vaste salle éclairée par un grand lustre de vingt lampes. La lumière qui éclaire sera la synthèse de l'éclat de ces vingt lampes, mais si une, deux ou trois de ces ampoules s'éteignent, la lumière s'atténuera sans doute un peu, mais elle continuera à illuminer tout le salon. Seul un observateur attentif s'en apercevra.

Si, en revanche, un plomb saute dans un réduit plus ou moins éloigné, le lustre s'éteindra brusquement. Il n'y aura pas dissolution de « la synthèse lumière » mais privation subite de courant par rupture d'un élément conducteur o uinterrupteur inférieur. L'effet de cette rupture sera d'autant plus global que l'élément rompu sera plus élémentaire et si, à la rigueur, dissolution il y a, elle opère de bas en haut. Pour moi « le plomb » se situe dans le diencéphale.

Certains cas d'aphasie, certains troubles de la stomatognésie sont une illustration de ma théorie tout aussi bien que beaucoup d'autres lésions électives de l'écorce.

La mélancolie apporte un exemple remarquable à ma façon de voir : c'est en excitant le diencéphale par l'électrochoc qu'on la guérit. Quant à l'anxiété mélancolique qui n'est

pas une dissolution mais une hyper-sthénie corticale, c'est en pratiquant par exemple une lobotomie préfrontale qu'on l'apaise, en « cassant quelques lampes », en provoquant une dissolution partielle, en faisant descendre le malade de haut en bas. Je n'insiste pas sur les hallucinations pédonculaires et surtout sur celles de l'intoxication par la mescaline qui ne s'accompagnent pratiquement jamais de manifestations délirantes, j'arrête là cette discussion que j'ai par ailleurs exposée dans un ouvrage récent.

A toutes ces théories incomplètement satisfaisantes, je vais ajouter la mienne, sans être bien sûr qu'elle soit plus convaincante. Elle s'additionnera aux autres simplement. Elle peut se résumer ainsi :

1° La *vie intellectuelle et affective* ne peut fonctionner normalement que grâce *à l'intégrité de la circulation sanguine* et de la *vascularisation de l'encéphale.*

2° Les *syndrômes délirants hallucinatoires* sont essentiellement basés sur l'*anxiété.*

3° Ceux à thèmes *interprétatifs* sur *l'angoisse* et les *tendances instinctives.*

4° Tous ces *délires* qu'ils soient *psychosensoriels ou interprétatifs* sont éclairés par la notion de *mauvaise foi.*

5° Quelques *délires* de type *paranoïde* peuvent dériver exceptionnellement des mêmes processus.

6° Les *délires oniriques* sont tout à fait différents.

ETUDE PSYCHOLOGIQUE

Interroger une délirante est un art difficile. L'aborder de front, l'essoufler de questions, bousculer ses réponses, n'aboutit qu'à aggraver encore le trouble de sa pensée, à raidir sa méfiance, à accentuer son hostilité ou à déformer sa confession.

Après maintes tactiques, il m'a semblé que l'attitude la plus favorable devait être très nuancée, très variée. C'est ainsi qu'à l'arrivée de la malade, je m'efforce à la faire parler au maximum, à la questionner au minimum, à la laisser entièrement maîtresse de la conversation, puis, pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines, chaque matin à l'heure de la visite, je lui demande un bref éclaircissement *toujours le même,* se rapportant au thème essentiel du délire, cela par une courte phrase attirant une répartie non moins abrégée, que je note régulièrement. Ensuite, muni de ces éléments, je procède, plus ou moins tardivement, à un tête à tête où je tente, alors, de diriger moi-même l'échange des propos. Quand je confronte l'ensemble de mes notes, je ne peux m'empêcher de constater de frappantes variations. Si je mets, alors la malade en présence de ces paradoxes, je déclanche presque toujours un état anxieux, si la malade *présente un syndrôme hallucinatoire,* ou une réaction coléreuse et d'impatience s'il s'agit d'un syndrôme du type interprétatif.

Si, au contraire, j'approuve entièrement ou si j'affecte une entière crédulité en ses propos les plus disparates, je provoque l'apaisement ou la sympathie. C'est là, en vérité, un fait banal que connaissent tous les cliniciens, mais qui demande, cependant, à être approfondi. Tel est le but de cette étude.

Je n'envisagerai tout d'abord que les délires cohérents plus ou moins systématisés, hallucinatoires ou interprétatifs chez qui le fond affectif ne fait apparaître aucune discordance. Je me vois aussi obligé de rappeler, très brièvement, les conceptions personnelles que j'ai exposées dans deux ouvrages, l'un paru en 1947, l'autre tout récemment.

Tout d'abord, la différenciation que *j'estime primordiale* entre l'angoisse d'origine sous-corticale et qui est dominée par la notion de danger physique, organique, et l'anxiété à substratum cortical qui lutte contre « le danger psychique ou moral », ces deux entités ayant, par ailleurs, un syndrome biologique dissemblable. Ensuite, dans le deuxième volume, au chapitre « Affectivité et délire », j'ai tenté, parallèlement, de classer schématiquement les délires en sous-corticaux, plus ou moins teintés d'angoisse, basés sur des troubles de ce que j'ai nommé : « L'Humeur instinctive », et en corticaux, épanouissements de l'anxiété, éclos sur les troubles de ce que j'ai appelé : « La Pensée affective ». Les seconds, seuls, aboutiront aux phénomènes dits hallucinatoires. Personne ne contestera, je crois, la part affective de tous ces syndromes délirants.

Je vais m'occuper, tout d'abord, des délires à substratum anxieux.

A la suite d'un choc émotif important, d'un bouleversement physiologique d'étiologie variée, la malade va être assaillie par une brusque anxiété. Cette anxiété « délirogène », essentiellement biologique, sera différente de l'anxiété névropathique, celle-ci beaucoup plus insidieuse et lente, mais à exacerbations intermittentes.

Celle que j'envisage ici aura le type que l'on rencontre dans la mélancolie vraie.

Quelle sera la réaction de la malade devant une telle irruption anxieuse?

Douloureusement torturée par une telle emprise, vacillante devant le danger psychique qui l'étreint, avec cette sensation d'être prisonnière, d'être emmurée, elle tentera l'évasion par *trois issues,* cela selon son type caractériel et sa structure habituelle.

L'une cherchera, comme le dirait J.-P. Sartre, « sa néantisation » dans les toxiques, l'alcool, les stupéfiants, pour noyer son anxiété.

Une autre, au contraire, s'acheminera vers les idées de culpabilité, d'auto-punitions, cherchant, dans sa propre auto-accusation, l'illusion de sa propre responsabilité, de sa propre liberté, essayant ainsi de transformer son anxiété en une peur, en une angoisse, peut-être *moins pénible* et surtout plus concrète.

La troisième, enfin, *se réfugiera dans la mauvaise foi.*

J'emploie ce terme de mauvaise foi dans le sens philosophique du mot. Il ne s'agit pas du mensonge cynique selon le sens populaire, mais d'une négation de sa propre vérité, le sujet ment à lui-même, il est *plus le trompé* que le *trompeur, « sa mauvaise foi est foi ».* Il tente de sortir de lui-même, de se fuir et aussi de déplacer sa responsabilité d'origine, de la projeter à l'extérieur. Il s'agit, une fois de plus, de s'évader à tout prix de son propre danger psychique, de le transformer en danger extérieur, de muter son anxiété en angoisse, et c'est encore une façon d'essayer de *retrouver sa liberté, de pouvoir se défendre contre quelque chose.* C'est par ce processus tortueux que naît le délire de persécution, de possession démoniaque, le délire d'influence, l'écho et le vol de la pensée, les hallucinations auditives, cénesthopathiques, psychiques, olfactives, génitales, etc. (les hallucinations visuelles étant, en général, exceptionnelles), *cet ensemble n'étant que l'écho affectif de la mauvaise foi.*

Tous ces phénomènes délirants, *à l'inverse* de ceux directement provoqués par un état confusionnel *onirique* ou *oniroïde,* n'apparaissent que quand *la pensée affective est en pleine activité.* Ils s'atténuent avec la nuit, avec *l'envahissement de la somnolence* et disparaissent pendant le sommeil. Toutes les malades m'ont répété ce fait : « La comédie commence avec le soleil et finit avec le crépuscule, à moins d'une insomnie tenace ».

Ce processus de la mauvaise foi, si la malade refuse la lutte, peut, enfin, aboutir aux idées de négation et au syndrome de Cotard. C'est encore un essai de *« néantisation dans la mauvaise foi ».* Et c'est là aussi une remarquable illustration de ce processus. Ces malades, en effet, qui se disent ou morts ou ratatinés, privés de la totalité de leur corps ou de parties essentielles de celui-ci (cœur, intestins, estomac) attendent cependant le plus souvent avec impatience l'heure du repas et mangent de fort bon appétit (paradoxe de la mauvaise foi). Quand on veut s'en donner la peine, en opérant avec méthode et patience, comme je le disais au début de cette publication, on arrive toujours à démasquer cette mauvaise foi. Grâce à la thérapeutique actuelle de l'électro-choc qui réduit si bien ce substratum anxieux mélancolique et arrive à dissiper les délires considérés autrefois comme chroniques, on réussit, après la guérison, à retrouver l'explication évolutive de tout le syndrome.

Je ne peux pas vous citer *les nombreux exemples* que j'ai recueillis, je citerai seulement, et très brièvement, celui de Mme X...., qui entre dans le service avec le diagnostic de psychose hallucinatoire chronique, diagnostic confirmé d'ailleurs par moi, dans le certificat de quinzaine. Le délire était basé sur la réminiscence d'un lointain mais réel choc affectif (une agression chez elle par des romanichels) qui ne réapparaissait sous forme d'hallucinations et de persécution chez cette malade, devenue beaucoup plus tard maniaco-dépressive (à la suite d'un déséquilibre neuro-végétatif et endocrinien acquis, comme je l'appris par la suite du mari), qu'en période d'anxiété mélancolique. Guérie par l'électro-choc et de sa mélancolie et de son délire hallucinatoire, elle revint plus tard dans le service en état d'excitation maniaque. Je lui demandai alors : « Est-ce qu'ils sont toujours aussi méchants que la dernière fois, ces romanichels? ». Elle me répondit, en éclatant de rire : *« Mais c'était de la blague! ».*

Cette notion de « mauvaise foi » pourrait, dans une certaine mesure, s'apparenter à des réactions pithiatiques. Il est curieux de constater, à ce sujet, l'énorme prédominance des psychoses hallucinatoires chroniques dans le sexe féminin. Dans un établissement psychiatrique que je visitais durant ces vacances, la proportion de psychoses hallucinatoires chroniques était de plus de dix femmes contre un homme. Les femmes sont, en fait, beaucoup plus dominées que les hommes par leurs tendances affectives et anxieuses.

Ce processus de défense par la mauvaise foi est une véritable toxicomanie psychique qui, après une longue période, peut aboutir à la *désagrégation mentale.* Ces malades étant, pourrait-on dire, des *autophages* qui projettent à l'extérieur leur propre substance.

Les délires basés, au contraire, sur l'angoisse et sur les troubles de l'*humeur instinc-*

tive, qu'ils soient interprétatifs, revendicants, passionnels, imaginatifs, etc., s'associent pratiquement toujours à un élément *hypomaniaque* ou *paranoïaque*. Ici, il n'y a pas d'anxiété. Le danger et l'obstacle sont *supposés extérieurs*. Le sujet, s'il devient délirant, sera *immédiatement agressif;* il ne s'agira plus d'autodéfense, mais de contre-attaque. Il ne se sent pas privé de sa liberté, mais opprimé, gêné dans l'expansion croissante de son avidité vers celle-ci. Orgueilleux, égocentrique et méfiant, parfois hypochondriaque dans le sens paranoïaque, il mettra toute sa volonté et sa sthénie à vaincre l'angoisse ou les obstacles. *Dans ce but, il aura recours, lui aussi, à cette mauvaise foi* (que l'on constata si souvent chez les maniaques). Il cherchera de mauvaises querelles, il aboutira aux illusions, aux interprétations, mais jamais à la véritable symptomatologie dite hallucinatoire. Son humeur instinctive diencéphalitique, exaspérée, n'aura pas de véritable écho affectif cortical. On retrouve ici encore une remarquable illustration de ce processus : celui de l'érotomaniaque qui poursuit avec entêtement l'objet aimé. Celui-ci, excédé et malgré ses rebuffades les plus démonstratives, reste pour le malade l'être timide qui n'ose se déclarer, ou celui qui joue un jeu subtil, qui veut éprouver le partenaire (paradoxe évident de la mauvaise foi).

La proportion de dix contre un que j'avais retrouvée chez les délirantes hallucinées se rencontre ici, mais elle est inversée par rapport au sexe, car les hommes sont beaucoup plus instinctif, ou intellectuels qu'affectifs.

Dans les délires nommés paranoïdes, cette notion de mauvaise foi est beaucoup plus rare et incomplète. Pour bâtir un tel échafaudage de défense contre l'anxiété ou l'angoisse, il faut que les processus associatifs intellectuels soient cohérents. Or, ce sont précisément ces processus associatifs qui sont en général les plus précocement troublés dans ces syndromes paranoïdes. Il faut aussi que le malade souffre d'une véritable anxiété psychique dans le sens que je lui donne, ce qui est exceptionnel. Il suffit d'avoir assisté aux manifestations pseudo-anxieuses de ces délirants particuliers ou de ces schizophrènes pour en percevoir le paradoxalisme, le contenu anidéique et stéréotypé, l'absence d'éléments affectifs véritables. Leur mauvaise foi est surtout un reniement du passé, qui les gêne, ou une excuse fallacieuse à leur brutalité, à leur hostilité impulsive. C'est ainsi que peuvent s'expliquer de fausses amnésies, ou des réactions de jalousie qui ne sont ou'une mauvaise querelle contre le conjoint devenu indésirable. C'est encore évidemment une tentative de défense contre le malaise mental et de dérivation de celui-ci, mais combien grossière, maladroite, surprenante par son illogisme, sa monstruosité, son apparition explosive et transitoire.

On retrouve aussi cette réaction de mauvaise foi dans certains délires du *type psychasténique*, souvent consécutifs à un violent choc émotionnel. C'est dans de tels cas, d'ailleurs rares, que le mot d'automatisme mental peut, cette fois, s'appliquer intégralement, car ici la baisse de tension psychologique est évidente ainsi que le déroulement automatique de la pensée, toujours associé à une *hypotension artérielle importante*, aux troubles de l'équilibre du complexe phosphore-calcium et du *p*H sanguin.

Je n'ai pu en recueillir que quelques observations au cours de vingt-cinq ans de pratique psychiatrique et, tout récemment, celle de cette femme de 37 ans qui, en juillet 1947, découvrit, en se levant, son mari pendu dans la cuisine. Le choc émotionnel fut d'une extrême intensité. Malgré son épuisement nerveux et physique, elle se mit au travail, mais elle était de plus en plus envahie par la psychasténie et l'anxiété. C'est alors qu'après avoir consulté une cartomancienne, elle commença une tentative d'auto-suggestion dans la mauvaise foi, en cherchant à se persuader que son mari n'était pas mort. Cette idée, devenue obsédante, demeurait cependant en contradiction avec sa propre raison, car elle est intelligente. Elle arriva peu à peu à la conviction qu'elle lui était imposée par des influences extérieures et aboutit ainsi au phénomène délirant, au commentaire des actes, puis aux troubles psychosensoriels auditifs. Quand on tente de lui démontrer l'absurdi de sa conception délirante, elle s'agite et son anxiété redouble. Sa tension artérielle est anormalement basse, autour de 10/8. L'épreuve de l'hyperpnée provoquée redouble elle aussi son anxiété. Voilà encore le type d'une tentative de consolation et de dérivation d'un désarroi émotif dans la mauvaise foi délirante.

Le caractère obsédant du drame vécu aboutit bien ici aux deux principes énoncés par P. Janet : *le phénomène de répétition et l'objectivation intentionnelle*.

La malade tente de se libérer de cette obsession parasite qui trouble tout le cours de ses pensées et contracte son affectivité en la projetant à l'extérieur. Mais elle rentre dans le cadre de cette *psychasthénie* à laquelle s'intéressait tout particulièrement P. Janet et qui est *très différente, tant au point de vue psychique que biologique, des vrais délires hallucinatoires*.

Dans les états délirants confusionnels, post-oniriques, oniroïdes et dans certains délires chroniques alcooliques, le processus évolutif est fort dissemblable; ici, il ne s'agit plus de sonorisation de la pensée intérieure, de sentiment d'emprise ou d'influence, car les phénomènes hallucinatoires sont à prédominance visuelle, ils sont *beaucoup plus sensoriels que psychosensoriels*. Et il est maintenant possible dans ce cas d'admettre la réalité de ces fines lésions neurologiques infectieuses, toxiques, traumatiques, sclérosantes, dont parlait de Clérambault, d'envisager des atteintes diffuses d'encéphalite qui vont depuis les modifications cellulaires les plus discrètes jusqu'aux très importants dégâts que l'on retrouve à l'autopsie de confusions mentales mortelles ou de délires aigus, dégâts allant parfois jusqu'au bulbe. Dans les atteintes diffuses, discrètes ou même transitoires, il est, semble-t-il, actuellement possible de saisir une part d'explication quant à l'apparition de ces *scotomes*, de ces *troubles visuels qui dominent le délire onirique*. Récemment, en effet, un élève du professeur Rémy Collin, de Nancy, A. Dollander, a publié un important et très intéressant travail sur « la voie nerveuse opto-tangentielle directe chez le cobaye ». C'est là *le premier chaînon d'une voie nerveuse opto-pituitaire et hypothalamique antérieure dont l'imprégnation toxique chez l'homme peut être le point de départ des scotomes et du comportement physiologique et psychologique de l'alcoolisme aigu*, par exemple.

Ici, le processus de la mauvaise foi n'entre plus en jeu; le malade est avant tout saisi par une angoisse intense qui devient un *danger, objectivé comme extérieur dès le départ. Le délire apparaît d'emblée, sans cette lente incubation de plusieurs mois qui suit l'anxiété et précède la construction délirante des formes précédemment étudiées.*

Ainsi, il ressort de cette analyse psychopathologique que la notion de mauvaise foi est susceptible d'apporter d'utiles lumières dans l'explication évolutive de ces syndromes délirants.

Elle apparaît comme jouant un rôle important dans la majorité des délires systématisés, qu'ils soient hallucinatoires ou interprétatifs. Ce rôle est plus complexe mais encore évident dans certains états psychasthéniques graves.

Il est pratiquement *nul* dans les états *délirants oniriques ou post-confusionnels*.

D'ailleurs, on peut dire que *cette tendance à la mauvaise foi* est en *« réserve »* dans *chacun de nous*. Dans les *petites contrariétés de la vie*, elle se *substitue* souvent à la *logique* ou à la *sincérité*, car tout *être humain* a tendance e ngénéral à *ergoter* sur sa propre *responsabilité*. C'est l'éternelle *histoire* de la *paille* et de la *poutre*.

Elle peut même devenir collective et aboutir aux pires conséquences.

Cette notion a un intérêt à la fois individuel et social.

ETUDE PHYSIOLOGIQUE

Si l'on passe maintenant à l'étude *physiopathologique*, il faut tout d'abord retenir que tous ces syndromes délirants systématisés (j'exclue ici complètement les délires paranoïdes, oniriques et confusionnels) évoluent sur une base essentielle de désordre affectif :

L'anxiété ou l'hyposthénie pour les formes hallucinatoires;

L'excitation hypomaniaque et l'angoisse pour les formes interprétatives (l'hypersthénie *seule* aboutissant exceptionnellement à ce désordre psychologique).

Ainsi, ces deux types de syndromes délirants ont des assises anatomiques et physiologiques dissemblables.

En effet, comme je l'ai longuement exposé dans deux ouvrages : l'anxiété se localise à l'étage supérieur de l'encéphale, *au niveau du cortex cérébral*, alors que l'angoisse et l'excitation hypomaniaque se situent au niveau des *centres diencéphalitiques*, dans cette zone *particulière* à la fois *automatique et instinctive*.

Mais, l'anxiété elle-même n'est pas unique. Il y a plusieurs formes d'anxiété, d'étiologoie différente.

D'abord celle des états *neurasthéniques* et psychasthéniques, anxiété d'épuisement, directement associée à une chute de la tension psychologique, à un déroulement automatique de la pensée qui est le véritable automatisme mental.

Cette anxiété est toujours provoquée par des insuffisances endocriniennes qu'on met en évidence d'une façon constante : soit une insuffisance de la cortico-surrénale, soit une insuffisance parathyroïdienne (isolée ou associée). Elle s'accompagne toujours d'une *baisse importante de la tension artérielle*, d'un fléchissement soit de la phosphatémie, soit de la calcémie, d'un déséquilibre du *p*H sanguin. Des dosages hormonaux et biochimiques, sur lesquels je ne peux pas m'étendre ici, sont indispensables, de même que l'épreuve de l'hyperpnée, la recherche des signes de Trousseau et de Schosteck. Comme je l'ai dit

dans mon étude psychopathologique, cette anxiété névropathique aboutit rarement au syndrome délirant. Mais il faut cependant toujours la rechercher. Car, dans de pareils cas, le traitement fait merveille et aboutit à de rapides et spectaculaires guérisons : traitement au cyncortyl, à l'acide phosphorique, à la vitamine C ou au gluconate de calcium associé au calciférol et à l'A. T. 10.

La deuxième forme d'anxiété est l'anxiété *mélancolique. C'est elle qui est à la base de la majorité des syndromes délirants, hallucinatoires systématisés.*

Dans un nombre considérable d'observations de P. H. C., on retrouve toujours des états mélancoliques antérieurs et habituellement, en remontant minutieusement à la source du syndrome actuel, on arrive à saisir clairement la phase anxieuse de départ. La mutation délirante dans la mauvaise foi a pu la masquer et l'atténuer, mais il est souvent facile de la faire *renaître à l'état pur* par des médications appropriées et par la *psychothérapie.*

Cette anxiété mélancolique de base a plusieurs caractères essentiels : elle s'accompagne d'une tendance constante à l'hypertension artérielle (comparée à l'équilibre tensionnel normal de chaque sujet), d'une exaltation du système neuro-végétatif sous la forme *sympathicotonique,* d'un hyperfonctionnement habituel de la *glande thyroïde.*

Le contrôle fréquent de la tension artérielle, l'épreuve à l'aide des substances parasympathicolytiques ou parasympathicomimétiques, sympathicolytiques ou sympathicomimériques, enfin la mesure du métabolisme basal apportent les preuves de ce substratum physiologique.

La thérapeutique fournit à son tour la démonstration complémentaire.

Que faut-il faire en effet chez de tels malades? *Calmer à tout prix l'anxiété de base.*

Pour cela, préparer d'abord le terrain lui-même en calmant la sympathicotomie. On s'adresse, dans ce but, surtout en excitant le système antagoniste, le vague, en utilisant des parasympathicolytiques.

Deux médicaments m'ont apparu (après de nombreux essais) *particulièrement utiles :*

La yohimbine (de 15 à 20 milligrammes par jour) et

La Prostigmine, secondairement l'hématoporphyrine.

Ce traitement s'étant prolongé pendant dix à quinze jours, on passe alors au stade de l'apaisement de la thyroïde. Cette fois, il ne s'agit pas de détruire la production de la thyroxine par l'Abadol, ce qui ne ferait qu'exalter le stimulus hypophysaire thyréotrope et aggraver l'anxiété, mais il *importe de contrarier* au contraire l'activité de ce stimulus. Pour cela, on s'adresse à la folliculine chez la femme (pendant trois jours, 2 mmg de benzogynestryl par voie sous-cutanée), au prépionate de testostérone chez l'homme.

C'est alors seulement qu'on passe au traitement par l'électro-choc. Celui-ci, pour réussir, doit être appliqué de façon graduellement espacé et prolongé.

J'opère ainsi : premier et deuxième jour : un électro-choc quotidien; ensuite, intervalle de repos d'un jour entre deux autres chocs; pour la cinquième et sixième séances, l'intervalle sera de deux jours; on prolonge la thérapeutique avec une dizaine de chocs en augmentant chaque fois l'intervalle d'un jour entre deux chocs. On aboutit souvent ainsi à des résultats surprenants : les syndromes de Cotard, réputés autrefois incurables, guérissent dans une proportion impressionnante. Les psychoses délirantes hallucinatoires chroniques passent par des phases anxieuses qui permettent parallèlement de saisir le mécanisme psychologique. En voici trois exemples :

Mme A..., 43 ans, internée « pour psychose hallucinatoire chronique avec automatisme mental, hallucinations auditives, etc. », déjà antérieurement internée pour un état mélancolique anxieux, est ainsi pratiquement guérie, et de son délire et d'une aménorrhée persistante. Entrée avec une tension de 16,5/9 et un pouls à 110, elle sort avec une tension à 12,5/8,5 et un pouls à 70.

Mlle B..., 35 ans, entre en octobre dernier avec le diagnostic de P. H. C. à la suite d'une rupture sentimentale en février 1947; elle fait un accès grave de stupeur mélancolique dont elle guérit par un traitement adéquat en un mois. Son comportement demeure parfait pendant un an, mais à ce moment, au croisement d'une rue, elle se trouve face à face avec l'infidèle au bras d'une nouvelle compagne. Le choc émotif est intense. Pendant trois mois, elle devient déprimée, anxieuse, puis peu à peu s'installe un délire de persécution dirigé contre ses employeurs avec hallucinations auditives et cénesthésiques, idées d'influence, etc. Quand elle arrive dans le service, sa T. A. est de 17/9. Mise aussitôt à la prostigmine et à la Yohimbine, son délire s'apaise et elle nous dit tout d'abord : « J'entends moins parce que je fais moins attention ». Huit jours plus tard, elle précise : « Cette fois, les voix ont disparu, je comprends que c'était *ma propre pensée qui raisonnait dans ma tête* ».

Quelques injections de folliculine font transitoirement disparaître complètement le syndrome délirant, mais celui-ci fait alors place à une *anxiété pure* sans idée, parasitaire, uniquement centrée sur sa déception sentimentale; cette anxiété est actuellement traitée par l'électro-choc.

Mlle C..., 55 ans, est atteinte d'une psychose hallucinatoire chronique qui dure depuis dix-sept ans. Elle fut précédée d'un choc émotif (cambriolage chez elle et la mort d'un être cher), d'une phase anxieuse qui dura pendant plus d'un an. Puis ce fut l'installation d'un délire de compensation et de dérivation extrêmement riche, avec ,injures, menaces écho et vol de la pensée, on travaille son corps et son cerveau, on veut la rendre folle, des appareils diaboliques dirigés par le fakir B... la torturent sans arrêt. Le délire s'étend bientôt à tout l'entourage, aboutit à des réactions dangereuses et à l'internement. A son entrée, T. A. 19/10, pouls 120. Elle est mise aussitôt à la Yohimbine. Au bout de huit jours, ses protestations, ses réactions excessives s'apaisent. En raison de l'ancienneté de l'évolution, je me contente de ce résultat médiocre et je suspens la médication. Trois jours après, la tension, qui était tombée à 15/8, remonte à 18,5/10. Le délire reprend de plus belle, ses protestations redoublent de véhémence, elle refuse de sortir de sa chambre.

On la met alors à l'électro-choc selon la technique précédemment indiquée. L'apaisement revient. Interrogée, elle concède qu'elle est moins « embêtée », mais que ça dure encoe. Quelques jours plus tard, elle reconnaît qu'elle n'entend presque plus rien, mais qu'elle a des douleurs dans tous les muscles (courbature classique des électro-chocs) et que sans doute la bande change de méthode. Puis elle apparaît calme et souriante et, en faisant un travail de ménage, je l'entends, à ma grade surprise, chantonner gaiement pour la première fois. Interrogée à nouveau, elle me dit : « Cette fois, le fakir B... m'a laissée tranquille, je ne l'entends plus, si ça pouvait durer, comme ce serait épatant ». Sa tension est à 14/7. Le traitement de cette malade n'est pas encore terminé et il serait bien imprudent de chanter victoire. On ne peut pas cependant ne pas être frappé par cette transformation surprenante, même transitoire, survenue pour la première fois après dix-sept ans de délire. Sa sœur, qui ne la quitte pas depuis de longues années, en est « stupéfaite ». J'ai voulu citer des cas récents et spectaculaires. J'en aurais beaucoup d'autres à vous donner.

Ces résultats sont indéniables et répétés. Ils illustrent clairement le processus initial anxieux : sa dérivation vers la mauvaise foi, sa base psychologique et physiologique.

Il importe maintenant de prévenir les rechutes possibles, probables dans les cas anciens. C'est ce à quoi je m'efforce; j'en suis encore à la période de tâtonnement.

Les délires systématisés chroniques interprétatifs, dépourvus de tout apport hallucinatoire, sont différents tant au point de vue physiologique qu'au point de vue psychologique. Ils naissent de cette fraction particulière de l'affectivité que j'ai nommée l'Humeur instinctive, faite de ces sentiments élémentaires, dérivés des instincts primitifs : égoïsme, colère, sympathie, antipathie, plaisir et peine, angoisse, jalousie, orgueil, érotisme. Ce sont des tendances et non des inclinations. Ce sont ces sentiments qui fournissent leurs éléments aux délires de revendication, d'imagination, aux psychoses passionnelles. J'en ai expliqué tout à l'heure le mécanisme psychologique. Anatomiquement, cette humeur instinctive se situe dans le diencéphale, dans ce carrefour essentiel où se réglementent la plupart des métabolismes biologiques, où se concentrent les noyaux neuro-végétatifs, les centres du sommeil, où se retrouve l'hypophyse.

Ces délires interprétatifs seront eux aussi dominés par des troubles vasculaires; mais, à l'inverse des délires hallucinatoires, ils seront d'obédience vagotonique et hypotensive.

Leur base affective sera faite d'hypomanie ou d'angoisse (dans le sens de peur physique).

Les glandes endocrines qui entreront en jeu seront de tendance hypoglycémiante et hypotensive, aboutissant à des hormones vaso-constrictives de la circulation cérébrale, telles l'insuline et la lutéine.

La thérapeutique aura donc ses indications logiques et rationnelles. Elle consistera à atténuer l'état affectif basal (hypomanie ou angoisse), à remonter la tension artérielle, à s'adresser à des médications sympathicolytiques ou parasympathicomimétiques, à relever le taux de glycémie, à tempérer celui de la lutéine, à lutter contre la vaso-constriction cérébrale et à tenter même de provoquer de la vaso-dilatation. Je ne peux vous donner ici tous les détails de cette thérapeutique, qui seraient trop longs à exposer. On utilise surtout l'héphédrine et ses dérivés, la caféine, le pressyl et des injections de vitamine PP ou de Priscol. L'électro-choc n'opère dans de tels cas que sur un terrain préparé par la médication précédente et par une méthode brève et concentrée (trois chocs seulement pendant trois jours consécutifs).

On assiste alors à de brusques rémissions d'un délire d'interprétation actif et de date ancienne.

Tel le cas de Mme D..., 54 ans, atteinte d'un délire d'interprétation apparu à la ménopause sur un fond hypomaniaque méfiant et ombrageux de toujours. A son entrée, sa T. A. était de 11,5/7. Traitée par les méthodes que je viens d'indiquer, cette malade retrouva son calme et sa sociabilité, travailla régulièrement à l'atelier. Sa T. A. était remontée à 14/8.

Telles sont les quelques notions nouvelles que j'ai essayé de vous exposer quant à l'explication de ces syndromes délirants. J'ai tenté de m'écarter à la fois des conceptions mécanicistes et psychogénécistes qui apportent des éclaircissements incomplets, et d'adopter une attitude nouvelle, celle de la Psycho-Physiologie. Cela, en recherchant, tout d'abord, le symptôme primitif : d'une part, l'anxiété, de l'autre, l'hypomanie ou l'angoisse, puis en montrant la substitution délirante par le mécanisme de la mauvaise foi.

Enfin, j'ai voulu vous faire comprendre combien cette psycho-pathologie était intimement liée aux troubles électifs de la circulation cérébrale. Car l'harmonie de celle-ci conditionne l'harmonie psychique.

Beaucoup d'auteurs ont pressenti que l'apparition du phénomène hallucinatoire était accompagnée d'une hypersthénie particulière, à la fois sensorielle et affective. Certains, l'assimilant à une forme dégradée du rêve, à un état oniroïde, ont vu voir là l'explication de cette esthésie. Telle n'est pas mon opinion, car en interrogeant profondément ces sujets, j'ai remarqué que l'état de sommeil, ou de demi-sommeil, atténuait au contraire leur délire hallucinatoire. D'ailleurs, la physiologie nous apprend que, dans le sommeil profond et calme, le cortex est blanc, hypoémie et qu'au moment du réveil le régime circulatoire normal se rétablit. Mais si le sommeil est incomplet, entrecoupé de rêves, l'hypoémie du cortex est moins marquée et peut céder la place à un état congestif relatif, c'est-à-dire encore très au-dessous de l'état de veille et, *a priori*, de cette hyperémie corticale, apte à créer l'hallucination délirante et qui *interdit le sommeil*. Tous les malades que j'ai attentivement observés n'étaient, quand ils déliraient au maximum, ni dans un demi-sommeil, ni dans un état de « rêve éveillé » (expression d'ailleurs assez paradoxale).

Bien au contraire, comme l'a montré la *clinique, l'expérimentation physiologique* (en particulier l'infiltration du ganglion carotidien), la *thérapeutique*, tous ces sujets présentent un état d'hyperémie corticale, et c'est cette hyperémie qui conditionne d'abord l'anxiété, ensuite l'hypersthésie sensorielle et affective. Cette façon de voir peut, dans une certaine mesure seulement, rejoindre la conception neuro-végétative de Mourgue ou la théorie des écrans sensoriels de P. Guiraud, de même que le processus secondaire de mauvaise foi a quelque ressemblance avec l'objectivation intentionnelle de Janet.

En fouillant le vieux dossier d'une malade hallucinée et délirante, j'ai retrouvé la réponse du mari à une fiche de demande de renseignements. J'ai été surpris en lisant ces réponses par la pénétration d'observateur de cet ouvrier ébéniste qui était un clinicien méconnu. Il écrivait, en effet, ceci :

« Avant que ma femme ne tombe *vraiment malade* et ne dise des bêtises, *le médecin avait trouvé qu'elle avait une tension qui devenait trop forte*, et moi je remarquais qu'*elle avait l'ouïe plus fine qu'à l'ordinaire.* »

Ce modeste profane avait deviné, il y a quinze ans, le trouble vasculaire et l'esthésie sensorielle de base.

De cet essai de conception psycho-physiologique des états délirants, je voudrais, en terminant, insister, une fois de plus, sur le fait que les intégrations des fonctions organiques et mentales constituent une chaîne sans fin où l'absence d'un seul maillon trouble tout l'ensemble, qu'il n'y a pas de médecine psychosomatique ou somato-psychique, mais de la médecine tout court.

Je voudrais aussi que vous reteniez bien le rôle essentiel de la circulation en général et de la circulation cérébrale en particulier dans l'équilibre de la vie psychique, à la fois intellectuelle et affective.

Ainsi le cœur, cet organe un peu allégorique, gardera pour vous toute sa poésie psychophysiologique.

Dr A. M. Paul Abély.

bibliographie

ABELY (Paul), Médecin-Chef de l'Hôpital Sainte-Anne. **Introduction à l'étude de l'Endocrino-Psychiatrie.** 1 vol. in-8 couronne, 110 pages, 2 planches hors-texte. S.E.D.E.S., édit., 250 francs.

Cet ouvrage est le premier en France publié sur un tel sujet. L'auteur qui se livre à des recherches Endocrino-Psychiatriques depuis 1930, ne s'est décidé à présenter ce livre qu'après avoir accumulé pendant un très long temps, toutes les données cliniques, biologiques, physiologiques expérimentales thérapeutiques, afin d'apporter les résultats objectifs et des arguments précis susceptibles de dissiper tout scepticisme et de montrer que cette notion d'Endocrino-Psychiatrie a dépassé le domaine de l'hypothèse pour devenir une discipline cohérente et rationnelle, apte à apporter dans la thérapeutique des Psychoses et des Névroses de précieuses indications. Le Dr. P. Abely, après avoir exposé les données expérimentales et physiologiques, après avoir montré ce que la Psychiatrie peut apporter d'utile à l'Endocrinologie elle-même, indique dans un troisième chapitre les résultats déjà acquis, tout particulièrement dans le traitement des états dépressifs, des états d'excitations des psychoses perpétuels, des névroses de la ménopause, de certains états de frigidité et d'impuissance.

Le chapitre consacré à la sémiologie et à la thérapeutique montre tout l'intérêt que représente cette nouvelle discipline médicale.

Dr P. PETIT.

Annuaire pour l'An 1949 publié par le Bureau des Longitudes. 1 vol. VIII, 613+116 p., Paris, Gauthier-Villars, édit.

L'annuaire pour 1949 du Bureau des Longitudes présente dans sa partie fixe un certain nombre de modification aux articles insérés dans les annuaires des années précédentes.

Dans le premier chapitre (calendrier, prédictions, météores, étoiles, marées, étude des divers calendrier), les notations concernant les types spectraux ont été remis à jour dans le tableau des positions d'étoiles. Au deuxième chapitre (Terre : géodésie, météorologie, réfraction astronomique, électricité atmosphérique, rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre, magnétisme terrestre), le tableau des variations diurnes de la déclinaison magnétique a été calculé par M. J. Coulomb suivant une méthode exposée dans les notes de l'annuaire de 1948. Au troisième chapitre (astronomie) figurent notamment trois articles nouveaux : Physique solaire par M. L. d'Azambuja, Novœ et supernovœ galactiques, par M. Ch. Bertaud, le rayonnement cosmique, par M. L. Leprince-Ringuet. Le chapitre IV (Unités de mesures) est semblable à celui de 1948. Le cinquième chapitre comporte deux parties : d'une part des généralités sur la géographie physique, d'autre part une étude des statistiques démographiques françaises augmenté de Tables de fécondité et de Tables de mortalité et de survie des générations.

En outre, comme ceux des années précédentes, l'annuaire pour 1949 est complété par une série de notices originales : A. Sur les quelques particularités de la rotation terrestre, par M. P. Tardi ; B. La vie et l'œuvre de Robert Bourgeois, par le général L. Hurault ; C. La vie et l'œuvre de Georges Perrier, par M. E. Cartan.

G. PETIAU.

BOURCART (J.). — Géographie du Fond des Mers. Etude du relief des Océans. — Un vol. in-8°, 303 pages, 107 croquis, cartes et planches. Paris, 1949, Payot, éditeur. (Bibliothèque scientifique). Prix : 1.200 francs.

Le relief du fond des océans était complètement ignoré il y a cent ans. Le premier appareil de sondage pratique, celui de Brookes, fut inventé en 1856; il fut utilisé par les expéditions océanographiques qui aboutirent à l'établissement de la « Carte générale bathymétrique des Océans », publiée sur l'initiative du Prince Albert de Monaco. Les points de sondage, trop isolés les uns des autres, ne pouvaient donner que des courbes bathymétriques très hypothétiques. Après 1918, la méthode des sondages aux ultrasons a permis de lever les profils topographiques du fond des océans sur tous les parcours des navires pourvus d'un sondeur. Notre ancienne conception du relief du fond des océans en a été complètement bouleversée. Ce relief même commence à être **expliqué.** C'est cette « géographie du fond des mers » que nous expose magistralement l'ouvrage de M. J. Bourcart, en une succession de chapitres passionnants : les méthodes du lever du relief sous-marin, les formes du relief océanique, le contour des océans, la marge continentale, le relief des grands océans, les influences du relief océanique.

Le plateau qui borde les continents jusqu'à 150 et 200 mètres de profondeur montre une topographie exactement comparable à celle des reliefs terrestres et on y retrouve tout un réseau hydrographique immergé, qui fait suite à celui des continents. C'est la bordure même de nos continents qui fut émergée à certaines époques du Quaternaire, et à des époques plus anciennes.

L'Atlantique n'est pas seulement coupé par la chaîne médi-atlantique; il est divisé en une série de bassins, ayant chacun son climat particulier, sa faune et sa flore. Le Pacifique nous montre des guirlandes, qui sont des chaînes de montagnes embryonnaires. L'étude du relief de l'océan Indien apporte de nouveaux arguments contre l'hypothèse de la dérive des continents.

Cette très belle synthèse de ce que nous savons aujourd'hui du relief sous-marin intéresse un très large public : océanographes, géophysiciens, géographes, géologues, biologistes et techniciens des pêches, paléogéographes et biogéographes.

C'est un livre très nouveau dont le sujet est vaste : plus de 70 p. 100 de la surface du globe.

R. FURON.

BRYSSINE (G.), FOURY (A.), GRILLOT (G.). — Etude préliminaire des sols du périmètre irrigable des Srarhna. — Publication du Centre de recherches agronomiques de Rabat, 1948, 40 pages, 10 dépliants.

Il s'agit d'une plaine de 50.000 hectares, située à 80 km au nord-est de Marrakech, au pied des Djebilet.

Les pluies irrégulières sont insuffisantes pour permettre aux cultures de subsister sans irrigation.

L'étude des sols a montré une disposition en auréole : sols profonds et chargés de gypse et de sel au centre de la cuvette, première auréole de sols profonds et sans croûte, deuxième auréole de sols à croûte calcaire. Toutes ces terres sont pauvres en humus, avec des taches salines dans tout le périmètre.

La présence d'acacias et de jujubiers confirme le caractère aride.

Avant même d'étudier les possibilités d'irrigation, il faut étudier les possibilités de drainage, car l'irrigation seule transformerait la plaine en marécage salé.

Or, pour le moment, l'étude hydrogéologique de la région n'a pas été faite et ce serait là un travail essentiel. Dès lors, on peut s'étonner du luxe extraordinaire et inutile de l'illustration accompagnant ce rapport préliminaire.

R. FURON.

CARON (H.) et RAQUET (D.). — Tableaux d'analyse chimique qualitative. — Un volume 22 × 27 de 95 pages, 4e édition. Edit Librairie Vuibert, Paris, 1946. Prix, broché : 350 francs.

Ouvrage très clair où ne sont mises en relief que les données de bon aloi n'exigeant pour leur application que des réactifs et des techniques à la portée des étudiants. Il est écrit par des techniciens avertis du laboratoire, en contact journalier avec de nombreux étudiants, et, par suite, connaissant les multiples difficultés qui rebutent si souvent les débutants.

Ce manuel correspond aux grandes lignes de l'enseignement de la chimie analytique qualitative dans les Facultés des Sciences et de Pharmacie, et au P. C. B. Nul doute que cette quatrième édition ne trouve le succès de sa devancière et ne soit consultée avec le même profit par les étudiants pour lesquels elle constitue un précieux auxiliaire.

E. CATTELAIN.

CHAMBERS (E. G.). — Calcul statistique pour débutants, traduit par Mme E. Théret-Gaillard. — Gauthier-Villars, Paris, 1948, 114 pages, 850 francs.

Le but de cet ouvrage, réimprimé de nombreuses fois en Angleterre, est de donner un exposé aussi simple que possible des méthodes de calcul utilisées en statistique courante. Essentiellement rédigé pour les étudiants qui se destinent à l'étude des sciences humaines, il leur fournit les éléments d'une théorie qu'ils seront amenés à utiliser bien souvent. De nombreux exercices judicieusement choisis illustrent cet intéressant exposé.

M. PARODI.

COHEN (Morris R.) and DRABKIN (I. E.). — A Source book in Greek Science. — Un volume 14 × 23 de 579 pages. Edit. McGraw Hill Book Company, New York, Toronto, London. 1948. Relié. Prix : 49/6.

Les recherches d'histoire des sciences sont rendues difficiles par la rareté et par la dispersion des textes scientifiques essentiels. Le chercheur est souvent obligé à faire appel, pour sa documentation, à des ouvrages de seconde main. C'est pour combler cette lacune et pour mettre à la disposition d'un large public les textes scientifiques fondamentaux, que M. Gr. D. Walcott a inauguré en 1914 une série de « Source Books », contenant les textes jugés essentiels dans l'évolution de la pensée scientifique. Cette collection est éditée dans des conditions excellentes par McGraw Hill Book Company. On doit être reconnaissant aux auteurs et aux éditeurs de mettre à la portée de tout lecteur un véritable trésor scientifique. Une collection analogue en français rendrait des services très grands aux lecteurs de langue française.

La collection a commencé par des volumes consacrés à différentes disciplines scientifiques (de 1500 à 1900). Citons le « Source book in mathematics » par D. E. Smith, l'Astronomie, par H. Shapley et H. E. Howarth, la Physique, par W. F. Magie, etc. Au fur et à mesure que le succès de la collection s'affirmait, on s'est aperçu de l'utilité de l'extension du domaine de l'entreprise. Les textes anciens sont encore plus difficilement accessibles que les œuvres de la science moderne. Quant au moyen âge scientifique, il est pratiquement inconnu au grand public. Pour combler ces lacunes, la Collection des Source books s'est étendue à la science d'avant 1500, en publiant un livre sur la science grecque et latine et en préparant un livre sur la science médiévale. Enfin, on pense à une nouvelle extension à l'époque contemporaine. On prévoit, pour 1960, un recueil de textes de la première moitié du XXe siècle et on espère pouvoir continuer la série par des ouvrages analogues, tous les demi-siècles.

Le plus récent livre de la collection est consacré à la science grecque, et est dû à Morris R. Cohen, ancien professeur à l'Université de Chicago et au College of the City of New York, et à I. E. Drabkin. Le livre rendra des services à tout savant s'intéressant à la science antique. Les textes (traduits en anglais) sont accompagnés d'introductions historiques courtes, claires et précises, ainsi que de notes très précieuses. Une bibliographie, contenant presque tout ce qui est essentiel sur le sujet, se trouve à la fin de l'ouvrage et rendra des services très grands. Les textes sont distribués suivant la classification actuelle : Mathématique, Astronomie et Géographie mathématique, Physique, Chimie, Géologie, Biologie, Médecine, Psychologie. Les textes sont choisis avec soin et serviront comme références de première main.

Pour donner une idée de la richesse du volume, je me bornerai à citer quelques-uns des textes les plus importants concernant les mathématiques. **Théorie des nombres** : Archytas, les proportions; Nicomaque, les nombres figurés; Euclide, les nombres parfaits; Aristote et Platon, les nombres irrationnels; Euclide, la théorie des nombres incommensurables; Euclide, la somme de progressions géométriques. **Algèbre** : problèmes de Diophante et de l'anthologie. **Géométrie** : une excellente note des auteurs sur l'école pythagoricienne; l'histoire de Proclus; Pappus, analyse et synthèse; Proclus, le postulat des parallèles; Euclide, la méthode de l'exhaustion, le théorème de Pythagore, le nombre d'or, l'angle de « contingence »; Archimède, la spirale, l'aire du cercle, la quadrature de la parabole, le traité de la méthode; Eratosthène, la duplication du cube; Pappus, la bissection de l'angle; Apollonius, quelques préfaces aux livres sur les coniques; le problème de Pappus. **Trigonométrie** : des notes historiques, un texte de Ptolémée. **Problèmes numériques** : Héron d'Alexandrie, le volume de la pyramide.

Ce court aperçu permet de saisir le grand intérêt du « Source Book in Greek Science ». Tout historien des sciences devrait avoir ce livre dans sa bibliothèque.

Une petite remarque inspirée par ce livre. J'ai souvent entendu parler du « déséquilibre » entre la quantité des travaux contemporains d'histoire des mathématiques par rapport aux autres disciplines. Or, ce phénomène est la suite d'une longue tradition. En effet, la bibliographie du Source Book montre que le plus ancien périodique consacré exclusivement à l'histoire des sciences exactes (le « Bulletin » de Boncompagni) remonte à 1868, tandis que le plus ancien périodique consacré à l'histoire des sciences naturelles est du XXe siècle et a été précédé par quatre périodiques importants d'histoire des mathématiques. Cette proportion se maintient encore actuellement.

La collection des Source Books rend des services inappréciables aux historiens des sciences, et le nouveau livre (« La Science grecque ») contribue brillamment à maintenir l'intérêt et le prestige de l'entreprise.

P. SERGESCU.

CORNER (George W.). — Les Hormones dans la Reproduction Sexuelle, traduit par les docteurs Suzanne Danysz et Alain Bussard. — Edition Correa, Paris, 1949, 239 pages, 50 dessins et 14 planches.

Ce très intéressant livre est avant tout un ouvrage de vulgarisation apte à intéresser le public. Mais même dans ce sens de la vulgarisation, on peut le qualifier de chef-d'œuvre. Il est rempli, en effet, de précisions scientifiques et aussi de prudence, d'humour, de clarté. Tous les milieux scientifiques, médicaux et autres, ne peuvent qu'en tirer profit et être, grâce à lui, intensément intéressés par ce grand problème de la reproduction sexuelle.

Ce livre, récemment traduit par les docteurs S. Danysz et A. Bussard, semble avoir été écrit entre 1943 et 1944, car certains points d'interrogation que pose George W. Corner sont déjà éclaircis, et cela prouve avec quelle splendide accélération avance l'endocrinologie.

L'auteur étudie d'abord le plan général de la reproduction dans les différentes espèces vivantes; puis l'œuf humain, sa migration, son évolution. Accordant, très justement, à l'ovaire un rôle de chronomètre, il décrit ses deux hormones essentielles : celle de la maturation sexuelle et celle de la gestation. Il énumère les plus importants de ses travaux. Car George W. Corner peut être considéré comme un des premiers et des plus brillants pionniers parmi ces chercheurs qui aboutirent à isoler ces deux hormones. Partant de ces découvertes, il explique tout le processus du cycle menstruel, sa signification et son but.

C'est avec une prudence de grand physiologiste qu'il envisage enfin la question de l'hormone mâle, encore incomplètement éclairée, mal différenciée et peut-être double.

L'ouvrage se termine par un court chapitre sur la structure chimique des hormones et par de remarquables planches.

La lecture de ce livre, d'un intérêt passionnant, est à recommander.

Dr Paul ABELY.

DARBON (André). — La philosophie des mathématiques : étude sur la logistique de Russell. — Biblioth. de philos. contemporaine, 203 p. Presses Univ., Paris, 1949. Prix : 400 francs.

Ce livre, partagé en seize leçons, a pour objet l'Algèbre de la Logique et la conception que s'en est faite Russell : conception rigide qui, de l'édifice mathématique, prétend éliminer les nuances, pour le réduire à un formalisme intégral. Devant cette attitude, que les progrès récents de la logique symbolique ont permis de reconnaître excessive, André Darbon, dont la pensée conserve toute l'actualité possible, reproche à Russell « de méconnaître la vertu de la pensée concrète et confuse, sa fonction indispensable dans l'histoire de l'esprit humain ». Darbon est partisan d'une logistique assouplie, mieux adaptée à l'expression des réalités, sans lesquelles aucune science n'est possible.

L'importante préface de René Poirier, professeur de Logique et Méthodologie des Sciences à la Sorbonne, fait ressortir à juste titre les mérites de ce beau livre. Il s'ajoute celui d'une présentation qui convient aux étudiants pour les initier à des discussions, d'importance certaine pour les purs philosophes, mais que les adeptes des sciences théoriques feront bien de ne pas perdre de vue.

G. BOULIGAND.

ESNAULT-PELTERIE (R.). — L'Analyse dimensionnelle. — Un vol. 16 × 24 de 236 p. Rouge (Lausanne) et Gauthier-Villars, 1949. Prix : 1.400 francs.

Dans cet ouvrage, sont précisées les indications presque toujours sommaires, données ailleurs sur un sujet de grande importance, aussi bien au point de vue spéculatif qu'au point de vue pratique.

L'auteur remonte aux principes de la question, et reprend, d'une manière plus rigoureuse et plus correcte, la démonstration d'un théorème fondamental découvert par Vaschy, mais énoncé par lui d'une manière incomplète.

Des applications variées confirment en terminant l'importance de ce genre de méthodes.

G. BOULIGAND.

GHEORGHIU (C. V.). — Coloranti organici (Colorants organiques). — Un volume grand in-8°, XVI-588 pages. Edit. : Laboratorul de Chimie organica al Universitii din Iasi; 1947. (Sans indication de prix.)

Dans cette monographie, l'auteur présente, d'une façon claire et judicieuse, l'état naturel de nos connaissances sur les colorants organiques.

La première partie (Couleur et constitution organique) est consacrée à l'exposé des théories physiques et chimiques des colorants; aux phénomènes d'halochromie (liaisons d'hydrogène, système redox, électrode à quinhydrone, chromoisomérie), aux chromophores, aux auxochromes, à la phototropie et à la thermochromie.

Dans la deuxième partie (Matières colorantes organiques artificielles et naturelles) sont étudiés les principaux colorants de synthèse (nitrés et nitrosés, azoïques, quinoniques, oxaziniques, thiaziniques et diaziniques, quinoléiniques, indophénols et indamines, colorants dérivés du diphényl- et du triphénylméthane) ou naturels (anthocyanes, anthocyanidines, colorants de la bile, du sang et des feuilles vertes, lépidoptéines, flavines, carotinoïdes).

Parmi tous les ouvrages récents sur les colorants organiques, celui de M. Gheorghiu, professeur à l'Université d'Iasi, apparaît un des meilleurs. Il constitue un précieux bilan et une remarquable mise au point.

E. CATTELAIN.

GODEFROY (René). — La Nature alpine. Exposé de géographie physique. — Un vol. in-8°, 484 pages, 80 figures, 12 planches. Paris, 1948, Presses Universitaires de France. (Prix : 750 francs.)

Seconde édition, posthume, mise au point par E. Gaillard, cet ouvrage est une initiation à l'intelligence des formes et des phénomènes de la montagne, des Alpes en particulier.

Les chapitres relatifs à la biologie, à la Vie, ne sont qu'effleurés. L'essentiel du livre est consacré au modelé par l'action des eaux, à l'influence de la structure du sol sur le relief, au modelé par la neige et les glaciers, aux conditions météorologiques. De très nombreux exemples sont choisis dans la chaîne alpine, accompagnés de bonnes illustrations.

L'ouvrage s'adresse, nous dit l'auteur, à tous ceux qu'intéressent les spectacles de la nature, à ceux qui habitent les Alpes ou qui les visitent, à cette élite pour laquelle l'alpinisme est autre chose et mieux qu'un vulgaire exercice du corps.

R. FURON.

GUILLAUMIN (A.). — Flore analytique et synoptique de la Nouvelle-Calédonie. Phanérogames. — Coll. « Flore de la France d'outre-er. » Office de la Recherche Scientifique Coloniale, Paris, 1948, 1 vol., 369 p.

Dans un court **Avertissement**, l'auteur, professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, précise que « lorsqu'il y a plus de trente-neuf ans », il entreprit « l'élaboration d'une Flore de Nouvelle-Calédonie, il n'en existait que quelques fragments ». L'auteur a examiné, d'une manière critique, toutes les plantes collectées en Nouvelle-Calédonie; il n'est question que des Phanérogames. Ce n'est que dans le cas de difficultés insurmontables qu'il s'est résigné à intercaler dans ses clefs les plantes dont il ne possédait que les seules descriptions, « descriptions qui, parfois, ne permettent pas de distinguer deux espèces l'une de l'autre ». C'est donc là une œuvre éminemment personnelle. Du fait que l'auteur a limité le champ de ses études, il s'ensuit que « les clefs de détermination, de même que les descriptions sommaires des familles sont exactes pour les plantes de Nouvelle-Calédonie, mais peuvent cesser de l'être lorsqu'on envisage la totalité des espèces ». L'énumération des principaux caractères de chaque famille est suivie d'une clef uniquement composée des caractères qui permettent de distinguer les genres entre eux; ces caractères ne se trouvent pas répétés dans les clefs conduisant à déterminer les espèces, même si les genres ne comprennent qu'une seule espèce en Nouvelle-Calédonie. Des reproches ont été adressés à ce travail : aucune espèce n'est figurée, aucun nom d'auteur (de genres ou d'espèces) n'est mentionné. Remarquons tout de suite que le titre même de ce volume précise le dessein de son auteur : c'est une « Flore analytique et synoptique » : elle ne vise donc qu'à signaler

les seuls caractères permettant de différencier les espèces. On songera aux difficultés que présenterait la publication actuelle d'une « véritable » Flore : 3.000 Phanérogames environ étaient déjà recensées au moment de la mise au point de ce travail — qui comporte également une page d'**addenda**. De toute évidence, cette Flore analytique sera complétée à mesure que des publications complémentaires deviendront possibles. L'analyste peut-il se permettre une suggestion? Un travail, aisé pour l'auteur, et relativement peu étendu, compléterait rapidement et très heureusement celui-ci. Ce pourrait être une liste des espèces mentionnant les noms de leurs auteurs et sans doute quelques synonymes; des renvois à un index bibliographique permettraient de se reporter aux travaux contenant les descriptions; des signes spéciaux (tenant très peu de place) préciseraient si l'espèce est endémique, pantropicale, introduite, etc. Œuvre personnelle, témoignant d'une parfaite probité scientifique, d'un travail persévérant, cette Flore analytique, synthèse des connaissances floristiques actuelles sur la Nouvelle-Calédonie, est fort bien éditée par les soins de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale.

Paul JOVET.

HARVEY (H. W.). — Chimie et biologie de l'eau de mer. Traduit de l'anglais par Cl. Francis-Bœuf et Cl. Lalou. — Bibliothèque Scientifique Internationale, Sciences pures. Presses Universitaires de France, Paris, 1949. Un volume 14 × 22,5 de 161 pages, 28 figures, bibliographie. Prix : 480 francs.

La traduction de ce très important ouvrage de H. W. Harvey met à la disposition des océanographes français un précieux instrument de travail. La seule énumération des titres des chapitres permet de se rendre compte de l'importance des problèmes abordés :

— Salinité, chlorinité, poids spécifique;
— Les principaux constituants de l'eau de mer;
— Les constituants secondaires de l'eau de mer;
— Les gaz dissous dans l'eau de mer;
— Le système gaz carbonique;
— Répartition des phosphates et des sels contenant de l'azote, méthodes de dosage;
— Processus bactériens;
— Régénération des phosphates et des sels contenant de l'azote;
— La fertilité des eaux océaniques.

L'idée maîtresse qui se dégage de la lecture de ce livre est que l'océanographie est une «science unique » que l'on avait trop tendance à diviser en des branches soigneusement compartimentées. Les travaux du géologue, du chimiste, du physicien et du biologiste doivent être confrontés et il est indispensable qu'ils s'appuient les uns sur les autres. Ainsi, la vie du plancton dépend du milieu physique et du milieu chimique sur lequel il exerce une action; de même, il joue un grand rôle dans la formation des sédiments marins. Il apparaît clairement que les innombrables problèmes qui se posent à l'océanographe ne peuvent être résolus d'une manière satisfaisante que par le travail d'équipe.

Une bonne bibliographie récente permet au lecteur de se reporter à des ouvrages traitant à fond des points précis.

J. CHAUX.

HILLE (Einar). — Functional analysis and semi-groups. — Vol. XXXI des « Colloquium publications » de la Société américaine de Mathématique. Un vol. 17 × 24, relié, 530 pages. New York, 1948. Prix : 7 dollars et demi.

Le plus souvent, le lecteur de langue française connaît surtout l'Analyse fonctionnelle par l'ouvrage de Paul Lévy (1922) et par le tome I, jusqu'à présent seul paru (1935), du livre de J. Pérès et V. Volterra **(Théorie générale des fonctionnelles)**. A l'étranger, sous l'impulsion de l'œuvre de Maurice Fréchet, la production dans ce sens a été plus large et plus décisive. Il suffit, pour en témoigner, de citer la **Théorie des opérations linéaires** de Stefan Banach qui, en 1933, a inauguré la Collection des Monographies de Varsovie et a exercé depuis une influence profonde.

Cette influence reste manifeste dans le traité que M. Einar Hille, avec l'appui de la Société américaine de Mathématique, vient de consacrer à cet important sujet, en y renforçant le rôle de l'algèbre des opérateurs et en accordant une place de choix à ce qu'on nomme aujourd'hui un **semi-groupe** : c'est encore un système d'éléments dont chaque couple ordonné détermine univoquement un nouvel élément du même système, suivant une loi qu'on suppose associative, et qui peut ou non commuter. Chaque groupe est un semi-groupe sans que la réciproque ait lieu. Les nombres réels positifs forment un semi-groupe (non un groupe) vis-à-vis de l'addition; un semi-groupe (et un groupe) vis-à-vis de la multiplication, les nombres réels négatifs forment un semi-groupe vis-à-vis de l'addition seulement. L'étude des semi-groupes appelle, comme celle des groupes, une base topologique, laquelle est assurée dans les cinq premiers chapitres.

Une seconde partie (ch. VI-XV) donne l'exposé de la théorie proprement dite, où trouve place la théorie des résolvants et dans laquelle s'encadrent aussi l'intégrale de Laplace, les considérations de nature ergodique et celles de nature spectrale.

La troisième partie (ch. XVI-XXI) présente des applications variées, entre autres celles qui se rattachent à l'espace hilbertien, ou encore, à l'étude des équations aux dérivées partielles, aux concepts stochastiques, solidaires de la théorie de l'intégration.

Enfin, le chapitre XXII, placé en appendice autonome, complète les développements algébriques (toujours du point de vue de Banach).

La consultation de l'ouvrage, accompagné d'une ample bibliographie, est facilitée par un index où trouvent place, à côté des noms d'auteurs, ceux des principales notions. Le caractère à la fois synthétique et attrayant de l'ouvrage, sa rédaction alerte, contribueront à en assurer la diffusion.

G. BOULIGAND.

LES ISOTOPES : Rapports et discussions. — Comptes rendus du VII[e] Conseil de Chimie, tenu à Bruxelles en septembre 1947. Publication de l'Institut de Chimie Solvay; un volume in-8° de 400 pages et 35 figures. Edit. Stoops, Bruxelles; 1948. Prix : broché : 400 francs (belges); relié : 450 francs (belges).

Dans le premier rapport, M. Joliot-Curie fait une remarquable mise au point de l'état actuel de nos connaissances sur la nature et la filiation des isotopes, tandis que, dans le second rapport, le Professeur Bainbridge, de Harvard, décrit les résultats obtenus à ce sujet à l'aide du spectrographe de masse. Le Professeur Ingold (Londres) résume ensuite l'ensemble des remarquables travaux qu'il consacre depuis vingt ans à l'étude détaillée de la structure du noyau benzénique par l'examen systématique et comparé des spectres Raman et infra-rouges d'un grand nombre de dérivés aromatiques contenant du deutérium; une mise au point analogue pour la configuration des dérivés deutérés de la série grasse est exposée dans le rapport de M. de Hemptinne, de Louvain. La préparation et les propriétés physico-chimiques des composés organiques contenant du deutérium ou d'autres isotopes sont développées dans les rapports de MM. Paneth (Durham) et Langseth (Copenhague). Enfin, l'usage d'isotopes radio-actifs comme indicateurs en chimie biologique fait l'objet d'exposés particulièrement suggestifs de MM. de Hevesy (Stockholm), Calvin (Berkeley) et Rittenberg (Columbia).

Ce volume constitue une mise au point de tout premier ordre où chimistes et physiciens pourront se rendre compte des progrès considérables faits depuis dix ans dans l'un des domaines les plus actuels de la Science.

E. CATTELAIN.

LE DANOIS (E.). — Les profondeurs de la mer, trente ans de recherches sur la faune sous-marine au large des côtes de France. — Paris, Payot, 1948. Un volume in-8° de la Bibliothèque Scientifique, de 226 pages, 55 figures et cartes, 8 planches hors-texte, un répertoire zoologique, une liste des stations utilisées. Prix : 1.200 francs.

Depuis cent ans, de nombreuses expéditions de recherches océanographiques dotées de puissants moyens matériels ont permis de connaître les fonds, les conditions hydrologiques et la faune des océans. Les résultats obtenus ont fait l'objet de nombreuses publications et ouvrages, mais si les animaux sont décrits ils le sont le plus souvent isolément et ce n'est que très rarement qu'ils sont replacés dans leur milieu d'origine, en association selon les fonds. L'important travail de M. Le Danois répond justement à ce souci car c'est un ouvrage d'écologie et de biogéographie. Ces deux disciplines relativement récentes se montrent extrêmement fertiles en résultats du plus haut intérêt, tant pour le biologiste que pour le paléontologiste.

Alors que l'écologie des côtes a fait l'objet d'excellents travaux, la zone profonde au large des côtes de France, si elle a livré de nombreux documents, n'a guère fait l'objet de vastes synthèses. L'auteur nous fournit les éléments fondamentaux de l'écologie sous-marine et, en particulier, des explications entièrement nouvelles sur le développement des massifs coralliens, un exposé de la formation du plateau continental de l'Ouest de l'Europe, des considérations hydrologiques servant de base à une étude des climats marins. Pour les zoologistes, c'est un élément fondamental de travail, car en plus de listes faunistiques détaillées, il comporte un répertoire général des espèces de la faune fixée au large de nos côtes.

Ce livre, qui est l'aboutissement de trente années de recherches en haute mer, représente non seulement une utile documentation mais aussi un précieux instrument de travail.

J. CHAUX.

L. C. LICHTY. — Thermodynamics. Mc. Graw Hill, New-York, 1948, 2e édit., 333 pages. Prix 25/

La thermodynamique de M. L. C. Lichty est un ouvrage dans lequel l'auteur s'est spécialement attaché à présenter d'une façon claire et précise les principes d'une science difficile en vue de permettre la solution correcte des problèmes multiples que pose la technique moderne.

Les conditions théoriques de fonctionnement des turbines à vapeur et à gaz, des moteurs à combustion, à explosion, à réaction sont examinées dans les premiers chapitres de l'ouvrage ; le chapitre VIII est consacré aux cycles thermodynamiques et le chapitre IX à la combustion.

Les moteurs à combustion interne et les turbines à gaz sont sommairement étudiées dans le chapitre X.

La circulation des courants fluides dans des ailettes fixes ou mobiles, avec ou sans changement de pression, est analysée au dernier chapitre en vue des applications aux machines à réaction pure, aux turbines à action et à réaction, aux compresseurs et aux éjecteurs.

Un appendice particulièrement nourri rappelle toutes les relations analytiques nécessaires au calcul des machines et contient une série de diagrammes pratiques précisant les propriétés thermodynamiques de l'eau, de l'ammoniaque, de l'acide carbonique, des mélanges d'octane et d'air ainsi que des produits de combustion utilisés dans les turbines à gaz.

Pour terminer, l'auteur donne les diagrammes de viscosité cinématique de divers fluides ainsi que des coefficients de frottement nécessaire au calcul des pipe-lines.

Cet ouvrage, obordant les problèmes les plus modernes, sera particulièrement apprécié des techniciens.

M. PARODI.

MARTINET (J.). — Précis de chimie d'après les théories modernes. Un volume in-8° de 942 pages avec figures ; deuxième édition. Edit. G. Doin et Cie, Paris, 1949. Prix, broché, 1.450 francs.

Le précis de chimie de M. Martinet, à la fois descriptif et explicatif, est une initiation à la théorie électronique de la valence que tous les chimistes connaissent, mais avec l'usage de laquelle la plupart d'entre-eux sont peu familiarisés. Sans appel à des connaissances mathématiques et physiques bien étendues, il permet, néanmoins, de tirer tout le profit possible de nouvelles théories. Bien qu'il ait été écrit plus spécialement pour les étudiants des Facultés des Sciences (P.C.B.) et des Facultés de Pharmacie, il paraît indispensable à tous les chimistes qui ont fait leurs études au cours de la période classique de chimie. Ils y trouveront de nombreuses explications des faits qu'ils ne connaissent en général que d'une manière empirique. Le succès qu'a eu la première édition, surtout à l'étranger, indique suffisamment l'intérêt que présente cet ouvrage dont les qualités essentielles sont la clarté dans l'exposition, la précision dans les faits signalés et l'adaptation parfaite au milieu auquel il est destiné.

E. CATTELAIN.

THIBAUD (J.). — Energie atomique et Univers. — Un vol. 318 pp., 80 fig., 16 pl. hors texte. Dunod, édit., 3e édition revisée.

Cet ouvrage donne une vue d'ensemble très complète et très approfondie des moyens utilisés et des résultats auxquels arrive la physique moderne dans l'étude de la structure microscopique de la matière et partant de là dans l'interprétation de l'état et de l'évolution de l'univers.

Partant d'une discussion sur la façon dont le réel infiniment petit se manifeste à l'échelle macroscopique, M. J. Thibaud construit une synthèse d'ensemble de nos connaissances actuelles sur les molécules, les atomes, les noyaux atomiques et, remontant de l'infiniment petit à l'infiniment grand, sur la constitution et l'état physique des étoiles.

Dans une première partie intitulée « L'apparence de l'univers », il nous montre notamment comment les méthodes d'étude de la chimie physique et de la chimie biologique permettent d'atteindre les molécules, les groupements de molécules et leur organisation dans la matière. Deux grandes techniques modernes sont particulièrement examinées : l'optique et la microscopie électronique d'une part, l'utilisation des rayons X pour la mise en évidence des structures moléculaires et atomiques d'autre part.

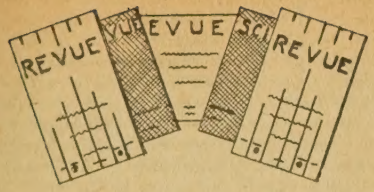
Dans la seconde partie intitulée « Le fond des choses », M. Thibaud expose l'état de nos connaissances actuelles sur la nature des noyaux atomiques et montre notamment comment des théories relativement simples permettent de construire à partir des résultats expérimentaux une image cohérente du domaine atomique. L'étude des phénomènes de rupture nucléaire et de leur technique (accélérateurs de particules, tubes à neutrons, cyclotrons) conduit à l'examen du phénomène de la fission de l'uranium et à son application aux bombes nucléaires.

Partant de nos connaissances actuelles sur l'évolution de la matière par capture de neutrons, réactions nucléaires en chaînes, fissions, on construit ensuite une très belle théorie qui permet d'interpréter d'une façon cohérente nos connaissances actuelles sur l'état physique et l'évolution des étoiles.

G. PETIAU.

VERDUN (M.). — Le Problème racial. — Editions du Miroir, 1948. (S. E. D. E. S., distributeur.) Un vol. in-8° couronne. 150 francs.

De 1930 à 1940, j'ai essayé dans cette Revue d'introduire la notion de rythme dans la biologie humaine. Passant du pointillisme psycho-physiologique individuel à l'examen de grande envergure des races humaines, le docteur Verdun conclut à un processus rythmique de l'évolution : « Le format comme la forme étirée ou refoulée (du corps humain)



les revues

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

BULLETIN OF AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, New-York et Menasha. Vol. 55, janvier et février 1949. — **S. Eilenberg** : Méthodes Topologiques en algèbre abstraite. Théorie de la cohomologie pour les groupes. — **N. Wiener** : Notice sur G. H. Hardy. — **A. H. Taub** : Un caractère pour les espaces ayant des propriétés infinitésimales conformes. — **D. D. Rosambi** : Les invariants différentiels des tenseurs à deux indices. — **B. Eckmann** : Recouvrement et nombres de Betti. — **E. H. Spanier** : La théorie de l'homologie selon Mayer (1942). — **F. B. Jones** : Sur les continus homogènes plans. — **W. V. Parker** : Sur les équations caractéristiques de certaines matrices. — **W. Leavitt et G. Whaples** : Sur les matrices empruntant leurs éléments à certains anneaux. — **R. J. Duffin** : Réseaux électriques non linéaires (conduisant à des systèmes différentiels non linéaire avec solution périodique unique), III. — **R. H. Cameron et C. Hatfield** : Sommabilité de certains développements orthogonaux de fonctionnelles non linéaires. — **G. M. Wing** : Sur un type de sommabilité d'ordre entier. — **R. H. Stark** : Sur la représentation d'une fonction par une intégrale de Hellinger. — **E. J. Mickle** : Sur l'extension d'une transformation. — **S. Bergmann** : Sur un problème aux valeurs initiales pour des équations aux dérivées partielles d'un type mixte (elliptiques en certains points, hyperboliques en d'autres). — **D. B. Sumner** : Une formule d'immersion pour la transformation généralisée de Stieltzés. — **E. F. Beckenback, W. Gustin et H. Shniad** : Sur le moyen module d'une fonction analytique. — **J. E. Wickins** : Sur le schème mis en œuvre dans l'intégrateur mécanique du français Maréchal (permettant l'étude de la distribution lumineuse dans une image optique). — **H. Bruynes et G. Raisbeck** : Une méthode de prolongement analytique d'origine heuristique — **A. Hillmann** : Sur la réalité des zéros des fonctions de Bessel. — **P. Erdös, W. Feller et H. Pollard** : Une propriété des séries entières à coefficients positifs. — **H. D. Brunk** : Un théorème sur la cohérence de certaines définitions généralisées de la somme d'une série.

BULLETIN DE LA SOCIETE MATHEMATIQUE DE FRANCE, tome LXXV, fasc. I-IV, 1947. — **E. Cartan** : L'œuvre scientifique de M. Ernest Vessiot. — **E. Vessiot** : Sur la réductibilité des équations aux dérivées partielles du 1er ordre, à une inconnue, qui ne la contiennent pas et sont linéaires et homogènes par rapport à ses dérivées. — **N. Saltykow** : Systèmes d'équations aux différentielles totales complètement et non complètement intégrables. — **P. Levy** : Le problème des cols en calcul des variations. — **E. Anglade**: Sur les surfaces dont la suite de Laplace adjointe se termine suivant le cas de Laplace et de Goursat. — **D. van Dantzig** : Divisibilité topologique d'un ensemble compact par un arc simple. — **H. Freudenthal** : Sur un théorème topologique de M. Van Dantzig. — **V. Lalan** : Les surfaces envisagées dans leurs rapports avec leurs lignes minima. — **J. Deny et P. Lelong** : Etude des fonctions sousharmoniques dans un cylindre ou dans un cône. — **L. Lesieur** : Sur la rationalité et la géométrie des intersections d'hyperquadratiques. — **Bela de Sz. Nagy** : Vibration d'une corde non homogène.

JOURNAL DE MATHEMATIQUES PURES ET APPLIQUEES, tome 28, fasc. I, janvier à mars 1949. — **E. Durand** : Propriétés et applications de quatre matrices nouvelles reliées aux matrices de Dirac. — **M. Parodi** : Sur un type d'équations intégrales de seconde espèce résolubles par le calcul symbolique. — **O. Costa de Beauregard** : Sur le problème relativiste de la dynamique des systèmes de points en interaction.

2° SCIENCES PHYSIQUES

EXPERIENTA, vol. V, fasc. 3, mars 1949. — **W. Reppe** : Neuere Entwicklungen auf dem Gebiete der Chemie des Acetylens und Kohlenozyds. —

EXPERIENTA, vol. V, fasc. 4, 15 avril 1949. — **F. Schutz** : Cyanate. — **K. v. Frisch** : Der Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen. — **G. Joos** : Kristallspektren.

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS AND PROCEEDING OF THE INDIAN ASSOCIATION FORTHE CULTIVATION OF SCIENCE. T. 22 et T. 31, n° 10, octobre 1948. — **V. R. Rao** : Termes des spectres complexes (colombium I et II). — **S. K. K. Jatkar et B. R. Iyengar** : La dispersion anormale de la constante diélectrique. — **B. M. Bishui** : Les spectres Raman, des chlorures et bromures d'acétyle et d'éthylène aux basses températures. — **S. K. K. Jatkar B. R. Y. Iyengar** : Constantes diélectriques des protéines. — **K. C. Mazumder et M. K. Ghosh** : L'analyse spectrochimique des alliages ferreux avec un spectrographe à quartz. — **B. N. Prasad, N. Nath** : Influence du tube de Geissler sur la production de l'effet Joshi dans une décharge ozonisante.

LES LIVRES (suite)

semble bien avoir présenté dès le début dans l'espèce humaine ses variations les plus étendues en petit ou en grand, en long ou en large, en creux ou en saillie, et tend à se rapprocher toujours davantage des valeurs moyennes, comme par une série d'oscillations progressivement décroissantes ».

Les grands discours sur les races sont remplacés par des faits précis et des mensurations méticuleuses.

Le docteur Verdun s'est astreint à des lectures nombreuses pour étayer ses observations personnelles sur les plus accrédités des spécialistes de l'anthropologie. Des dessins d'animaux et d'hommes illustrent utilement ce volume magistral.

La première partie est consacrée à la doctrine morphologique de Raoul Baron. La deuxième partie traite des variations de l'espèce humaine. Lire spécialement : Antagonisme partiel des groupes raciaux; Equilibre racial des peuples et des nations; Origine exogène ou endogène de ces variations; L'Espèce n'évolue pas, elle vit.

Enfin, les notions de rythme et d'harmonie passent, grâce à l'effort admirable du docteur Verdun, de la rhétorique grandiloquente à la science la plus rigoureuse.

René PORAK.

JOURNAL DE CHIMIE-PHYSIQUE, tome 45, n°s 11-12, novembre-décembre 1948. **Mme A. Prévot** : Recherches sur la détection et le dosage du rhénium à l'aide de son spectre d'émission X. — **A. Kovaes** : Contribution à l'étude de la diffusion et de l'absorption d'eau dans les matières plastiques. — **Haissinsky et Cottin** : Un effet Szilard et Chalmers dans les désintégrations α naturelles. — **L. Prigogine et Garikian** : Sur le modèle de l'état liquide de Lennard-Jones et Devonshire. — **M. Calvet** : Passage des gels à l'état de solution, dissolution des chlorures de polyvinyle dans le tétrahydrofurane.

JOURNAL DE CHIMIE-PHYSIQUE, tome 46, n°s 1-2, janvier-février 1949. **Sir C. V. Raman** : The scattering light in crystals. — **M. Born** : The second order Raman effect in crystal in particular diamond. — **D. C. Blackvell et G. B. B. Sutherland** : The vibrational spectrum of diamond. — **J. Laval** : Réflexion sélective des rayons X sur les plans d'onde élastique et fréquence des vibrations. — **Ph. Olmer** : Dispersion des fréquences des ondes acoustiques dans l'aluminium. — **J. Barriol** : La diffusion Rayleigh dans un cristal de chlorure de sodium. — **J. Chapelle** : Spectre Raman de monocristaux de PO_4H_2K et $PO_4H_2NH_4$. — **A. Fruhling** : Spectre Raman du diphényl-éther liquide et monocristallisé.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM, tome X, n° 1, janvier 1949. — **P. Barchewitz** : Etude du spectre d'absorption du benzène. — I. Comparaison des spectres du benzène à l'état de vapeur et à l'état liquide dans une région spectrale s'étendant de 3 à 15 μ. — **J. Terrien et F. Desvignes** : Etude photométrique de la diffraction éloignée. Application aux dispositions de photométrie visuelle sans écran diffusant. — **R. Coppens** : Sur la disparition de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules α. — **H. Tellez-plasencia** : Formules d'interpolation pour déterminer les valeurs numériques de quelques constantes atomiques. — **R. Richard-Foy** : Dispositif simple de commande des chambres de Wilson par comopteurs. — **J. Edmont** : Etalonnage d'une plaque de physique nucléaire ; application à l'étude des traces isolées produites par le rayonnement cosmique.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM, tome X, n° 3, mars 1949. **J. Daudin** : Signification physique de l'indice de la répartition en densité dans les gerbes d'Auger. — **P. Olmer** : Diffusion des rayons X dans l'aluminium par les ondes d'agitation thermique. — **R. Maze et A. Freon** : I. Une méthode à grand rendement pour l'étude du rayonnement cosmique par compteurs. II. Application à l'étude des gerbes de l'air locales et étendues. — **R. J. Walen** : Sur l'existence de l'embranchement ρ du RaA et de l'isotope 218 du radon. — **B. Kwall** : Les expressions de l'énergie et de l'impulsion du champ électromagnétique propre de l'électron en mouvement.

3° SCIENCES BIOLOGIQUES ET NATURELLES

ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS, Mexico. Vol. IV, n° 1, 1945. **M. Castaneda Agullo et E. Esperon** : Quelques considérations sur la préparation des extraits de vanille. — **J. Erdos** : Procédé pour l'obtention du dioxy-diamino-arsenobenzol-monomethylen-sulfoxylate de sodium. — **A. S. Marroquin et M. de Los Angeles Gonzalès** : Etude mycologique de 16 cas de Sporotrichoses dans la ville de Mexico. — **D. Sokoloff** : Quelques observations sur les kystes de « Gastrostyla steini Eng. (Hypotr., Ciliata) ». — **D. Pelaez** : Etudes sur les Membracides. V. Les espèces mexicaines du genre « Spongophorus » Fairmaire (Hem. Homo.)

ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS, Mexico. Vol. IV, n°s 2-3, 1945. **P. H. Hope, E. Esperon et S. de Leon** : Influence de la concentration de l'hydroxyde de calcium sur l'obtention du sulfate de nicotine. — **J. Erdos** : Quelques données sur les arsènobenzols. — **J. Erdos** : Préparation de l'acide 4-oxy-3-nitrophénylarsenique. — **M. Castaneda-Agullo, L. Huerta et E. Chimal** : Sur la teneur en sucres e tacide ascorbique des fruits normaux et expérimentalement parthènocarpiques de la tomate mexicaine. — **A. S. Marroquin et F. F. Gavarron** : Action de la papaïne et de la mexicaïne sur le fibrinogène. — **A. S. Marroquin et R. Tamayo** : « Aspergillus niger » comme indicateur de la teneur des sols en potassium et en phosphore. — **C. P. Alexander** : Récoltes et descriptions de Diptères Tipulides mexicains. — **E. W. Baker** : Quelques « Tydeidae » (Acarina) du figuier « Ficus carica » L. — **J. Alvarez** : Revision du genre « Anoptichthys » avec description d'une espèce nouvelle (poissons « Characinicdæ »). — **B. C. Tharp et F. A. Barkley** : Plantes intéressantes du Texas, VI : « Parosela aureae ». — **F. K. G. Mulleried** : Existe-t-il actuellement une tribu de Lacandones dans le centre de la forêt de l'est du Chiapas ?

ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS, Mexico. Vol. IV, n° 4, 1947. **A. S. Marroquin et M. Solorzano** : Etudes sur l'amylase d'« Endomycopsis fibuliger ». — **C. C. Campillo** : Présence dans le sol de substances inhibant la croissance de « Rhizobium ». — **O. V. Ornelas et J. H. T. Salinas** : Action de l'alun sur les suspensions de « Brucella ». — **O. G. Diaz et R. O. Cravioto** : Contribution à l'étude de la composition du lait d'ânesse. — **J. Erdos et G. Carvajal** : Méthode pour la détermination rapide du soufre dans les médicaments soufrés. — **R. Ramirez** : Données préliminaires physiques et chimiques sur le venin du scorpion. — **R. Ramirez** : Obtention du venin de scorpion par stimulation électrique. — **J. Erdos** : Nouvelle méthode pour la préparation des esters organiques. — **P. H. Hope et E. Esperon** : Distribution de la nicotine dans le système eau-pétrole. — **F. Bonet** : Un nouveau genre de Collemboles d'Argentine. — **F. Bonet** : Un intéressant cas tèratologique ; absence bilatérale des antennes chez un Collembole, avec des considérations sur les zones céphaliques des « Poduromorpha » (Collembola, Insecta). — **D. Moulton** : Nouveau Thysanoptères du Mexique. — **A. Dampf** : Notes sur les Phlébotomes mexicains. — **A. Hoffmann** : Un nouveau genre de Trombididé mexicain.

ANNALES DE GEOGRAPHIE, n° 308, octobre-décembre 1948. **J. Chardonnet** : Les calanques provençales, origine et divers types. — **P. George** : Quelques formes karstiques de la Croatie occidentale et de la Slovénie méridionale (Yougoslavie). — **L. Musset** : Les villes du Danemark, origines et évolution. — **Ch. Robequain** : Le sucre dans l'Union française.

BULLETIN DE L'ASSOCIATION DES DIPLOMES DE MICROBIOLOGIE DE LA FACULTE DE PHARMACIE DE NANCY. N°s 33 et 34 ,octobre 1948 et janvier 1949. **Bessemans** : Acquisitions récentes de Syphilligraphie expérimentale. — **R. Fribourg** : Faisons le point. — **P. Remlinger et J. Bailly** : La décentralisation de la vaccination antirabique. — **A. Bussard** : Le problème des antihormones, examiné à la lumière des résultats de l'étude expérimentale des sérums antigonadotropes. Techniques de laboratoire.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXVI, n°s 1-2, janvier-février 1949. **Frère A. Robert** : Les Mantispicdés dans la province de Québec. — **Frère Irénée-Marie** : Les Desmidiées de la région des Trois-Rivières. — **Abbé E. Lepage:** Les lichens, les mousses et les hépatiques du Québec.

PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH, sect. B (Biology), vol. LXII, part. II, 1948. VI. Quelques roches basaltiques de l'ouest du Groenland. **Drever H. I. et Livingstone D.F.** — VII. Monazite de Bodmin Moor, Cornouailles : une étude Géochronologie. Part I. La Monazite

entant qu'indicateur de durée en Géologie. **Holmes A.** — Part. II. Analyse de la Monazite de Bodmin Moor pour le plomb, le thorium et l'uranium. **Smales A.A.** — VIII. Variation de la forme de la coquille, en relation avec la station écologique. Comparaison entre les Unionidée récents et certaines espèces d'Anthracosiidae du carbonifère supérieur. **Eagar R.M.C. et Cannon H.G.** — IX. La chute de la fertilité des femmes écossaises pendant la période 1875-1939 : comparaison entre différentes localités. **Barclay R.S. et Kermack W.O.** — X. Un appareil pour suivre le cours des échanges gazeux du tissu vivant. **Asprey G.F. et Walton J.** — XI. Espèces d'Urocinales ayant une vie instable. **Wilson M.** — XII. L'évolution quantitative. XIV. Taux de production. **Small J.** — XIII Une étude comparative des composants cytoplasmiques pendant l'oogénèse du chien, du chat et du lapin. **Zlotnik I. et Gresson R.A.R.** — XIV. Recherche préliminaire sur l'emploi de « Xenopus lœvis » comme test animal pour l'essai biologique de la gonadotrophine chorionique. **Landgrebe F.W. et Crew F.A.E.**

LA TERRE ET LA VIE, n° 1, janvier-mars 1949. **P. Engelbach:** Les rapaces de l'Indochine. — **M. Lamotte** : Une réserve naturelle intégrale dans le massif du Nimba (Guinée Française).

4° ART DE L'INGENIEUR

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE, n° 4, 12 février 1949. **Ch. Colombi** : Quelques réflexions à propos de machines et d'installations thermiques. — **A. Szecsi** : Flambage par compression axiale.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE, n°s 8 et 9, avril 1949. Les hangars d'avion de l'aéroport de Genève-Cointrin. — **C. Semenza** : Les barrages de la Société Adriatica d'Ellettricita en Vénétie.

BULLETIN TECHNIQUE DU « VERITAS », n° 4, avril 1949. **J. Jacquet** : Etude des qualités de coupe des outils. — **N.G. Holt et F.E. Clemitson** : Comportement des navires anglais pendant la guerre. Indicateur de sens de marche et de comptage de tours, système Arrighi. — Graphique pour le calcul rapide des hélices marines et des éléments relatifs à la propulsion.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. T. 41, n° 5, novembre 1948. **S. Levy, A.E. McPherson, E.V. Hobbs** : L'étalonnage des accéléromètres. — **R.L. Blaine, H.J. Valis** : Etude du trieur de particules Mattson. — **H.W. Woolley, R.B. Scott, F.G. Brickwedde** : Mise au point sur les propriétés thermiques de l'hydrogène sous ses diverses formes isotopiques et ortho-para. — **D. Hubbard, G.F. Rynders** : Durée chimique, éclat et transmission des verres optiques. — **A. H. Stang, B.S. Jaffe** : Essais de flexions des grandes poutres parallelipipèdiques en acier soudé, à différentes températures. — **C. Moon et C.M. Sparks** : Etalons pour faibles capacités. — **W. Ramberg, A.E. McPhersono** : Vérification expérimentale de la théorie de l'atterrissage. — **R. Simha, L.A. Wall** : La copolymérisation.

PHILIPS RESEARCH REPORTS. T. 3, n° 3, octobre 1948. **B.D.H. Tellegen** : La synthèse que quadripoles passifs sans résistance pouvant transgresser la relation de réciprocité. — **W. Elenbaas** : La dissipation de chaleur par convection libre. — **A. Van Weel** : Un nouveau principe pour les transmetteurs. — **J.H. Santen, G.H. Jonker** : L'influence de la température sur l'indice de réfraction des solides hétéropolaires. — **J.F. Flinkhamer** : Détermination empirique des fonctions de transfert des filtrres d'ondes avec des propriétés fixées.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE, n° 6, novembre-décembre 1948. — **I. W. Barrois, J. Simon-Suisse et R. Basile** : Introduction technique au calcul matriciel et son utilisation. — **R. Kling et R. Jean** : Etude graphique du fonctionnement des pompes et injecteurs pour moteurs à combustion interne. — **L. Demon** : La dissipation des brouillards et la destruction des nuages givrants. — **A. Bevert et A. de Sievers** : Balance G. S. de la soufflerie de Cannes. — **G. Eckart** : Effet remarquable dans le diagramme vertical d'un émetteur. — **F. J. Taboury et J. Salvinien** : Quelques vues nouvelles sur la photographie au gélatinobromure d'argent. — **P. Liénard et M. Kobrynski** : Les principes généraux de l'insonorisation des avions.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE, n° 27, janvier-février 1949. — **P. Germain** : La théorie des mouvements homogènes et son application au calcul de certaines ailes delta en régime supersonique. — **M. Luntz** : Aérodynamique moléculaire. — **J. Lacaine** : Diffuseurs courts pour soufflerie. — **G. Raguenet** : Appareils de pesée pour avions. — **W. Flugge** : Détermination des dimensions optima des plaques sandwichs. — **J. Nicolas et H. Audic** : Détermination des caractéristiques d'un fluide parfait pour diverses combinaisons d'onde de choc en écoulement plan. — **R. Kling et J. Christophe** : La célérité du son dans les hydrocarbures et ses rapports avec la constitution moléculaire.

LA TECHNIQUE MODERNE, n°s 5 et 6, 1er-15 mars 1949. — **M. Haveaux** : Modernisation de la Centrale électrique de Lourches. — **G. P. Portejole** : Les laminoirs modernes (suite). — **G. Lacroix** : L'énergie du vent.

LA TECHNIQUE MODERNE, n°s 7 et 8, 1er-15 avril 1949. — **G. Lacroix** : L'énergie du vent (suite). — **J. Seigle** : Les aciers résistant aux températures élevées. — **A. Pellevat** : Les locomotives 241-P de la S. N. C. F. - Détection des isotopes par la microphotographie.

5° PERIODIQUES GENERAUX ET DIVERS

BULLETIN DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE JASSY, Tome III, fasc. 2 (juillet à décembre 1948). — **Al C. Climescu** : Notes d'analyse, II. L'interversion des dérivées partielles mixtes du second ordre. — **L. Brumier** : Sur l'intégration des systèmes d'équations différentielles linéaires, à coefficients constants. — **Andrei Popovici** : La Physique d'action. Une nouvelle physique unitaire. — **Cpy. Demars** : Note sur le calcul du frettage des tuyaux en béton. — **N. Iosipescu** : Principes modernes employés à la construction des appareils de voie. — **Walter Ciusa et Giorgio Nebbia** : A new method for the identification of biological methyl donors. — **M. Dima et El. Diaconescu (Mme)** : Sur la préparation des solutions injectables de sucre interverti. — **C. V. Gheorghiu et C. Budeanu:** La condensation des isothiocyanates avec les oxymes. L'inversion optique d'une menthonoxime gauche sous l'action de l'isothiocyanate de benzoyle.

ENDEAVOUR, Vol. VIII, n° 29, 1949. — Le cent cinquantenaire du « Philosophical Magazine ». — **M. Polanyi** : Le mécanisme des réactions chimiques. — **Sir Maurice Holmes** : Le Capitaine James Cook. — **E. Ashby** : De la forme des feuilles et de leur rapport avec l'âge physiologique des plantes. — **L. N. Owen et Sir John Simonsen** : Quelques aspects de la chimie des terpènes. — **A. R. McIntyre** : Le curare. — **J. Yule Bogue** : Quelques aspects de la conception moderne du laboratoire. — **H. Munro Fox** : Les pigments du sang.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE, T. 247, n° 2, février 1949. — **I. M. Levitt** : Recherches photométriques sur la variable à éclipse ZZ Cassiopée. — **P. Moon et D.**

E. Spencer : Influence sur la technique de la couleur des salles. — **T. N. Hatfield A. E. Lockenvit, M. Y. Colby** : Le pouvoir d'arrêt relatif des gaz pour les particules alpha du polonium. — **M. Z. Krzywoblocki** : Sur l'écoulement stationnaire bidimensionnel d'un fluide compressible loin au delà d'un corps solide symétrique, II. Théorie du transport de la vorticité.

NATURA. Bucarest. Année 38, n°s 5-6, mai-juin 1948. **Mme L. Mesrobeanu** : Nouvelles conquêtes de la biochimie. — **E. A. Pora** : La respiration des animaux marins. — **J. Zugravescu** : Le cancer, maladie professionnel. — **E. Angelescu** : Notes d'histoire de la chimie (II. la structure de la matière). — **A. G. Stino** : Le culte du serpent aux Indes. — **V. Codoveanu** : Plantes qui produisent le miel. — **E. P. Niculescu** : Quelques aspects du monde des insectes.

LA NATURE, n° 3167, mars 1949. **P. Rousseau** : Comment fonctionne une pile atomique. — **Dr J. Creze** : Le diagnostic biologique de la grossesse. — **G. Genin** : Le caoutchouc chimique à froid. Ponts indigènes de l'Himalaya. — **P. Devaux** : Les automatismes du rail. — **G. de Lavaur** : Les explorations de 1948 à Padirac. — **L. Perruche** : Le fluor dans l'industrie moderne. — **A. Fayol** : Duhamel du Monceau.

LA NATURE, n° 3168 ,avril 1949. **R. Merle** : Les nuits de la limace. — **R. Legendre** : Les récentes expéditions maritimes. — **H. Piraux** : La cinématographie des couleurs. — **A. Willemart** : L'oxyde d'éthylène. — **R. Leprêtre** : Le contrôle d'atterrissage des avions par le système G.C.A. — **P. Devaux** : Les usines « marémotrices ». — **M. Deribère** : La Terre vue de très haut par fusées. — **A. Schaper:** Les hormones au service de l'élevage. — **G. Genin** : Le lait. — **A. Ranc** : Saussure.

LA NATURE, n° 3169, mai 1949. **F. de Laborderie** : Le 18e Salon de l'Aéronautique. — **P. Devaux** : L'énergie thermique des mers. — **G. Genin** : Le lait (suite). — **G. Fournier** : Les récentes comètes. Une histoire de beefsteak, d'œufs et de kilowatts. — **R. Merle** : Un conquérant du monde : L'Achatine. — **V. S. Swaminathan** : Les pétroles sous-marins. — **V. Romanovsky** : Les îles Falklands. — **Ch. Naux** : La découverte du vide.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n° 3288, 1er janvier 1948. **A. Boutaric** : Pierre Lecomte du Nouy. — **Y. Rocard** : L'Alsos mission et la science allemande. — **G. Reboul** : Un axiome universel. — **P. Ancel** : Réalisation expérimentale de la « gueule de loup » chez le poulet à l'aide de la trypaflavine. — **M. Balanzat** : Sur la formation des espaces à écart régulier et symétrique. — **A. Herpin** : La théorie cinétique de l'onde de choc.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n° 3289, 15 janvier 1948. **W. Veith** : L'optique électronique du convertisseur d'image. — **C. Arambourg** : Le rôle de l'Afrique dans l'histoire paléontologique de l'Homme. — **C. Dechaseaux** : Le problème de l'extinction des groupes étudiés chez les Rudistes. — **P. Chauchard** : Contributions chronaximétriques nouvelles à l'étude des vitamines. — **A. G. Parrot** : L'adhérence foliaire en tératologie végétale.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n° 3290, 1er février 1948. **R. Dugas** : La cinématique du mouvement uniformément accéléré et la chute des graves, de l'école d'Oxford à Dominique Soto. — **J. G. Valatin** : L'énergie de dissociation de la molécule CO et le rôle des atomes et radicaux excités, du point de vue des liaisons chimiques. — **J. Cuzin, A. Fardy** et **D. Schwartz** : L'énation. Ontogenèse comparée d'un tératome foliaire héréditaire chez Nicotiana Tabacum. L. — **S. Bonhoff** et **J. Colmez** : Sur le problème de Wiener.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n° 3291, 15 février 1949. **R. Arditti** : Le problème de l'Ecole Polytechnique. — **Y. Rocard:** Quelques faits mathématiques fondamentaux en économétrie. — **H. et G. Termier** : Etude sur Calceola sandalina L. **Mme A. Pullman** : Structure électronique de quelques hétérocycles polyagotés. — **A. Boutaric** : Variation de densité optique des solutions colloïdales au cours de leur floculation.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n°s 3292-3293, mars 1948. — **L. de Broglie** : La statistique des cas purs en Mécanique ondulatoire et l'interférence des probabilités. — **G. Mathieu** : Dérive des continents et mouvements posthumes. — **P. C. Prévôt** : Contribution à l'histologie des phénomènes de néoformation chez Begonia Rex Putz. — **M. Parodi** : Nouvelles correspondances symboliques et leurs applications à la résolution d'équations intégrales. — **A. Cuénod** : Le sommet végétatif du Mesembryanthemum edule.

LA REVUE SCIENTIFIQUE, n° 3294, 1er avril 1948. — **J. Mirguet** : La double courbure et les conditions géométriques intrinsèques de la dérivation seconde. — **J. B. Navarrete** : Etudes sismologiques. — **L. de Séguin, G. Castelain et M. Pelletier** : Recherches sur les propriétés biologiques des micro-ondes en vue de leur application thérapeutique. — **A. Brunel** : Mouvement d'une particule électrisée dans le champ magnétique d'un courant. — **Y. Rocard** : Le rayonnement électromagnétique du Soleil sur 158 mégacycles.

SCIENCES ET AVENIR, n° 25, mars 1949. — **A. Ducrocq** : Les richesses minérales de l'eau de mer. — **M. d'Eruy** : La stérilité est-elle curable? — **M. Soldet** : La théorie de l'évolution. — **G. Lefebvre** : Un quatrième état de la matière, les systèmes « dispersés ». — **G. Louviers** : La congélation ultra-rapide au-dessous de — 20°.

SCIENCES ET AVENIR, n° 26, avril 1949. — **R. Hybre** : Les grandes Pyramides. — **J. Kolhmann** : Les causes de la surdité. — **G. Lefebvre** : L'origine de l'univers. — **R. Simon** : Les Guêpes. — **Cap. J. G. Picard:** La lutte anti-char. — **M. Morard** : Le platine.

SCIENZA E LAVORO. — N° 2, février 1949. — **M. Pavan** : En Laponie. — **E. Luparelli** : L'industrie cinématographique, de la prise de vues à la projection (fin). — **O. Verona** : Le poison des champignons. — **P. Manfredi** : Les myriapodes dangereux pour l'agriculture. — **M. L. Fietta** : Le givrage.

SMITHSONIAN INSTITUTION (ANNUAL REPORT OF THE) FOR 1946. Washington, 1947. — **H. Shapley** : Sur la datation astronomique de l'écorce terrestre. — **R. S. Richardson** : L'énergie atomique au laboratoire et dans les étoiles. — **A. H. Compton** : L'énergie atomique et l'Humanité. — **L. H. Garland** : L'importance scientifique des rayons X. — **A. van Burkalow** : Répartition de la fluorine dans les eaux des Etats-Unis. — **J. Gonzalez** et **W. F. Foshag** : La naissance du Paricutin. — **N. A. Mackintosh** : Histoire naturelle des Baleines. — **A. F. Skutch** : La vie du Quetzal. — **W. L. Schmitt** : Soleil, pêche et plancton. — **R. T. Janse** : Archéologie des Iles Philippines. — **J. L. Kelso** et **J. P. Thorley** : La céramique palestinienne au temps de la Bible. — **M. M. Wintrobe** : Les progrès de la médecine. — **K. S. Lion** : Technologie et médecine. — **J. E. Graf** : La recherche scientifique, responsabilité nationale. — **L. A. Hawkins** : Vers une nouvelle génération de chercheurs.